

A photograph of a modern interior space, likely a library or community center. The room features large, white, tapered columns that support the ceiling. A black staircase with a glass railing is visible on the left. The floor is made of large, light-colored tiles. In the foreground, there are small, round, light-colored tables with green chairs. The background shows a large window and a red wall. The overall atmosphere is bright and open.

# A&S

Architetture in acciaio

FONDAZIONE  
PROMOZIONE  
ACCIAIO

DELETTERA WP

Costruzioni sicure  
in zona sismica



# Thinner, Greener, Stronger

## Profili in acciaio Histar®






Boldness changes everything

A parità di capacità resistente, i profili in acciaio alto resistenziale Histar460 sono dal 25 al 50% più leggeri delle qualità di acciaio convenzionali (S235 e S355). Grazie a queste performances i costi di costruzione ed il consumo di risorse energetiche è notevolmente ridotto.

Informazione ed assistenza tecnica a Vostra disposizione :

ArcelorMittal  
Long Carbon Europe

  
**ArcelorMittal**  
 + 39 0119063931  
 sections.tecom@arcelormittal.com  
[www.arcelormittal.com/sections](http://www.arcelormittal.com/sections)



Un'azienda giovane, solida e competente che parte dal progetto, passa per la realizzazione e termina con la messa in opera. Fornisce soluzioni complete grazie alle competenze acquisite negli anni nei settori della carpenteria metallica, serramenti in acciaio, facciate continue e ventilate.

[www.berterocarpenteria.it](http://www.berterocarpenteria.it)

*Serietà, dedizione e precisione*

 **BERTERO**  
**MARIO**  
carpenteria srl







**STAHLBAU PICHLER** progetta, produce e costruisce in tutta Europa strutture in acciaio e facciate continue. La capacità di dar vita alle architetture più evolute unendo la creatività italiana con la precisione tedesca è la caratteristica peculiare dell'azienda. La **Vela di copertura di Palazzo Italia all'Expo 2015, progettata da Nemesis&Partner** ne rappresenta la perfetta sintesi.

[www.stahlbaupichler.com](http://www.stahlbaupichler.com)

**steel structures. façades. more.**



## Il nostro è un Paese sismico, ormai lo sappiamo molto bene

**Per far fronte al rischio sismico c'è solo una strada da seguire, quella della prevenzione.**

Dobbiamo occuparci della sicurezza dei nostri edifici e crescere, in questo senso, dal punto di vista culturale, non pensando sempre che sia un fatto ineludibile e chiedendoci, piuttosto, se le nostre abitazioni, le nostre scuole e i luoghi dove lavoriamo e dove sono concentrate le nostre attività produttive siano sicuri e in grado di resistere a un terremoto.

**Il 70% dell'edificato italiano non è in grado di resistere ai terremoti** ed è proprio in considerazione della vulnerabilità del nostro patrimonio che le scelte dei futuri interventi in edilizia devono tenere conto dell'esperienza di Paesi che hanno saputo affrontare e vincere la sfida ai terremoti: Giappone e USA, per esempio, dove le costruzioni in genere e quelle antisismiche in particolare sono realizzate con struttura in acciaio.

**La soluzione in acciaio, infatti, è in grado di proporre edifici di rapida messa in opera, economici ed ad alta redditività in linea con le richieste di una committenza che si orienta sempre più verso costruzioni sicure che siano al contempo convenienti ed efficienti.** Senza dimenticare che **gli elementi in acciaio permettono di ristrutturare e adeguare sismicamente l'esistente** rispettando la ricchezza architettonica propria del patrimonio edilizio, senza stravolgere l'identità degli edifici.

L'appoggio tecnico ed ingegneristico, altamente qualificato, che le aziende specializzate in costruzioni metalliche sono in grado di fornire ai progettisti, ai committenti privati e agli uffici tecnici delle Pubbliche Amministrazioni, sono una chiave importante di cui avvalersi per il successo dell'opera finale, senza alcun imprevisto in termini di costi e tempi, come invece può avvenire per realizzazioni in cemento armato e muratura.

La diffusione delle soluzioni in carpenteria metallica, sia nelle nuove costruzioni che negli interventi sull'esistente, garantisce così il raggiungimento degli obiettivi proposti in termini di progressivo innalzamento della qualità del prodotto edilizio con evidenti benefici sulla sicurezza, nella razionalizzazione dei costi, e nella riorganizzazione stessa del sistema edilizio, con conseguente crescita culturale e competitiva del mondo delle costruzioni.

**Simona Martelli**  
Direttore Generale  
Fondazione Promozione Acciaio



## HANNO CURATO LA REDAZIONE DEL NUMERO

PROF. ANDREA DALL'ASTA  
UNIVERSITÀ DI CAMERINO - COMMISSIONE SISMICA PER LE  
COSTRUZIONI IN ACCIAIO DI FONDAZIONE PROMOZIONE ACCIAIO

PROF. ALESSANDRO ZONA  
UNIVERSITÀ DI CAMERINO

## EDITORIALE 03

## PROGETTARE E COSTRUIRE IN ZONA SISMICA 06

## ORIENTARSI VERSO LA SCELTA MIGLIORE 08

DALLA PROGETTAZIONE "STATICA" ALLA PROGETTAZIONE "DINAMICA" 10  
CARATTERISTICHE DINAMICHE: MASSA E PERIODO PROPRIO 12  
DISSIPAZIONE, DUTTILITÀ E RAPPORTO COSTI-BENEFICI 14  
APPROCCI INNOVATIVI 16

## IL CONTRIBUTO DELL'ACCIAIO PER LA SICUREZZA SISMICA DEGLI EDIFICI 18

## I TERREMOTI NON SONO TUTTI UGUALI 20

## IL QUADRO NORMATIVO ITALIANO E INTERNAZIONALE 24

CENNI STORICI 26  
LEGGE 64 / 1974 26  
DAI TERREMOTI IN FRIULI VENEZIA GIULIA ED IRPINIA ALL'ORDINANZA 3274/2003 27  
LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 28  
EUROCODICI E FUTURI SVILUPPI 28

## NUOVE REALIZZAZIONI 32

EDIFICI PER RESIDENZE E UFFICI 34  
COSTRUZIONI PER L'INDUSTRIA E LE ESPOSIZIONI 38  
PONTI E VIADOTTI 40

## ESEMPI REALIZZATIVI 42

EDIFICI AD USO RESIDENZIALE 42  
EDIFICI AD USO UFFICIO 43  
EDIFICI AD USO INDUSTRIALE, COMMERCIALE O ESPOSITIVO 44  
EDIFICI AD USO CIVILE: SCUOLE E OSPEDALI 45

## IL RECUPERO DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI 46

ADEGUAMENTO SISMICO E INNOVAZIONE 48  
BENI CULTURALI: TUTELA E VALORIZZAZIONE 52  
TERREMOTI E SOSTENIBILITÀ: IL PRIMATO DELLA COSTRUZIONE IN ACCIAIO 54

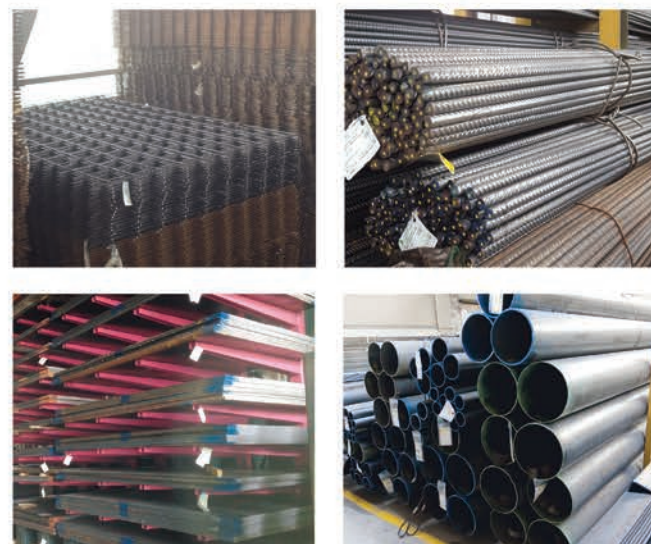
## ESEMPI REALIZZATIVI 56

## TUBI - TONDO RETE PER CEMENTO ARMATO TRAVI - LAMIERE - LAMINATI PROFILI APERTI - RETI E GRIGLIATI



## TAGLIO MECCANICO PRODOTTI A MISURA

Via della Cupola, 239 - 50145 Firenze  
tel. 055 3430511 - fax 055 374776/3430522  
uff. comm.le 055 3430517/521/527  
commerciale@vicinitubi.com  
www.vicinitubi.com  
www.tubilamiere.it





## PROGETTARE E COSTRUIRE IN ZONA SISMICA

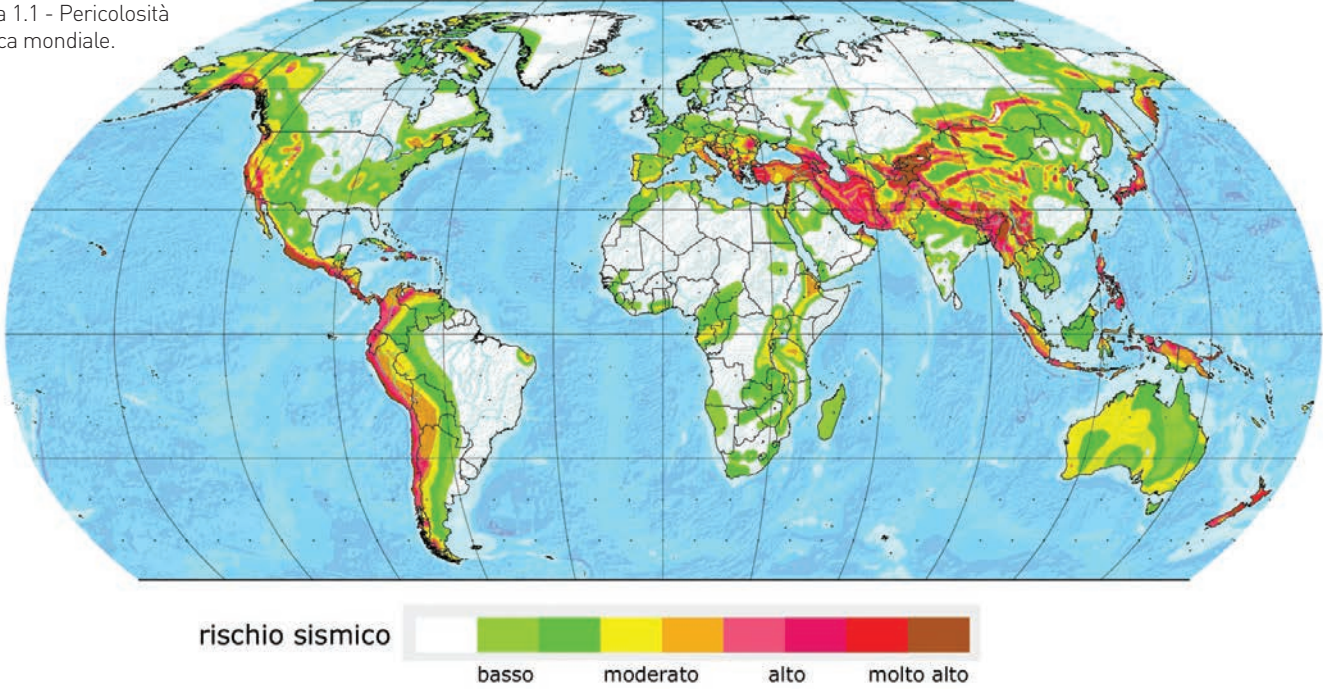
I terremoti e le azioni che producono sulle costruzioni hanno sempre costituito un'insidia con la quale i costruttori si sono dovuti confrontare. Sebbene i terremoti possano avvenire solo in alcune zone (Figura 1.1), si osserva immediatamente che tali aree coincidono con quelle dove si sono sviluppate molte tra le più importanti civiltà della storia (Figura 1.2). I costruttori di tutte le epoche hanno esplo-

rato soluzioni diverse per realizzare edifici capaci di resistere al sisma e la ricerca in tale direzione ha trovato stimoli continui. Nonostante ciò, bisogna ammettere che le nostre capacità di descrivere il fenomeno terremoto e prevedere la risposta delle costruzioni sono ancora limitate. Comunque sia, la cultura del progetto in zona sismica ha fatto notevoli passi avanti mettendo a si-

stema conoscenze scientifiche, innovazioni tecnologiche ed osservazione diretta delle conseguenze dei terremoti sulle costruzioni esistenti, raggiungendo un livello di maturità che permette di distinguere tra situazioni intrinsecamente più sicure e situazioni più vulnerabili. Oggi sappiamo come raggiungere livelli accettabili di sicurezza quando progettiamo una nuova costruzione e lo sappiamo fare per una

vasta categoria di tipologie che comprendono le strutture di calcestruzzo armato, di acciaio, di legno e di muratura. Parlando di protezione nei confronti dell'azione sismica è comunque opportuno sottolineare due aspetti. Il primo riguarda il concetto di sicurezza. Le azioni, le caratteristiche meccaniche dei materiali e la costruzione nel suo insieme non sono note con precisione per cui non esiste

Figura 1.1 - Pericolosità sismica mondiale.



la "sicurezza assoluta" e una probabilità di collasso, piccola ma non nulla, esiste sempre. La resistenza di una costruzione è quindi calibrata in modo da contenere la probabilità di collasso durante il suo ciclo di vita al di sotto di un valore di equilibrio ritenuto accettabile per la società in termini di costi di costruzione e di perdite attese. La seconda questione riguarda l'approccio usuale alla progettazione sismica. Le

costruzioni sono progettate in modo da "sopravvivere" a terremoti disastrosi, nel senso che sono in grado di assicurare alle persone la possibilità di rimanere in vita ed uscire dall'edificio. E' quindi normale che gli edifici si danneggino anche pesantemente durante il sisma e che il loro recupero sia estremamente costoso e spesso non conveniente (demolizione). Sono possibili approcci alternativi da valutare in termini di rap-

porto costi-benefici ed una consapevole progettazione sismica dovrebbe tener conto non solo dei costi immediati di realizzazione ma anche dei costi attesi nel ciclo di vita per la riparazione dei danni dovuti ai terremoti. In ambito nazionale è utile ricordare che criteri di progettazione antisismica sono entrati nella pratica progettuale e costruttiva solo di recente. Fino agli anni 80 si è costruito in assenza di

indicazioni precise e le costruzioni successive, fino al 2009, sono state progettate in base a criteri antisismici ampiamente inadeguati. Al momento, la riduzione del rischio sismico delle costruzioni esistenti è una questione particolarmente rilevante ed urgente, la cui soluzione richiede l'avvio di un programma di prevenzione capace di coniugare efficacia e sostenibilità economica.



Figura 1.2



Figura 1.2 - Costruzioni storiche in zona sismica (Agrigento, Persepoli, Ikaruga-no-Sato).







# ORIENTARSI VERSO LA SCELTA MIGLIORE

DALLA PROGETTAZIONE **"STATICA"**  
ALLA PROGETTAZIONE **"DINAMICA"**

**CARATTERISTICHE DINAMICHE:**  
MASSA E PERIODO PROPRIO

**DISSIPAZIONE, DUTTILITÀ E RAPPORTO  
COSTI-BENEFICI**

**APPROCCI INNOVATIVI**



## DALLA PROGETTAZIONE “STATICA” ALLA PROGETTAZIONE “DINAMICA”

La progettazione di una costruzione razionale ed efficace in zona sismica parte ovviamente da una sintesi del problema e dall'individuazione dei parametri principali che controllano la risposta. **A differenza delle azioni gravitazionali, dirette verticalmente e dovute a peso proprio e sovraccarichi, l'azione sismica è un'azione orizzontale di tipo dinamico che produce un moto di oscillazione della costruzione sufficientemente veloce da rendere significative le azioni di massa.** Le regole e i parametri che controllavano la progettazione tradizionale, orientata principalmente a soddisfare le richieste di azioni che agiscono staticamente e sempre verso il basso, non sono più utili nel campo della dinamica e l'approccio progettuale si deve basare su parametri alternativi, individuare e soddisfare requisiti prestazionali differenti, generando sistemi e forme strutturali nuove. Mentre l'approccio alla progettazione strutturale, di carattere statico, cercava soluzioni a partire da due caratteristiche fondamentali della struttura, la rigidità e la resistenza, **una progettazione di carattere dinamico si sviluppa sulla base di tre parametri fondamentali: la massa, il periodo proprio e la dissipazione.**





CARATTERISTICHE DINAMICHE:

MASSA E PERIODO PROPRIO

Il ruolo giocato dalla massa complessiva  $M$  è semplice: le forze sismiche sono direttamente proporzionali alla massa per cui più una costruzione è pesante, più subirà sollecitazioni intense. Il secondo parametro, invece, descrive una caratteristica propria del movimento che si manifesta: una volta innescato un moto di vibrazione della costruzione, il tempo impiegato a percorrere un'oscillazione completa prende il nome di periodo proprio  $T$  e dipende solo dalle caratteristiche della costruzione. Più precisamente, il periodo proprio  $T$ , solitamente espresso in secondi, dipende dal rapporto tra la massa e la rigidezza com-

plexive dell'edificio. A parità di massa  $M$ , costruzioni con periodi diversi subiranno azioni di diversa intensità e la relazione tra periodo della costruzione a massima forza complessiva è descritto dallo spettro elastico di risposta  $S_a(T)$  (Figura 2.1). Lo spettro fornisce solitamente un'accelerazione fittizia (pseudo accelerazione) che può essere interpretata come forza per unità di massa ( $F=Ma$ ). E' evidente che la sintesi proposta può risultare brutale per gli esperti di dinamica strutturale e la valutazione della sicurezza passa attraverso analisi più raffinate del problema. Resta comunque il fatto che massa e periodo sono i due parametri fonda-

mentali che il progettista ha a disposizione per controllare la risposta della sua costruzione. Così come risulta evidente che questi due parametri siano già scritti nel sistema costruttivo che si sceglie per l'edificio e che gli esiti in termini di risposta sismica vengano già definiti nei momenti iniziali della progettazione e della concezione del sistema strutturale. L'ingegneria sismica oggi è in grado di guidare la progettazione verso soluzioni che forniscono lo stesso livello di sicurezza anche utilizzando sistemi costruttivi diversi ma è evidente che soluzioni pesanti con periodo breve, ad es. costruzioni in muratura con pochi piani, devono sop-

portare azioni più grandi e partono svantaggiate rispetto a soluzioni leggere con periodi di vibrazione più lunghi, ad esempio costruzioni snelle in acciaio. Si intuisce a questo punto che il parametro massa, che influenza direttamente le forze e indirettamente il periodo, non è un parametro che riguarda esclusivamente la questione strutturale. La massa complessiva dell'edificio è fortemente influenzata dalle scelte di carattere tecnologico che si effettuano per la realizzazione dell'involucro, degli orizzontamenti, delle coperture. A prescindere dal sistema strutturale, una costruzione con pareti di chiusura verticale in mattoni



Centro Palatino, Torino - ph. Moreno Maggi / Studio Fuksas

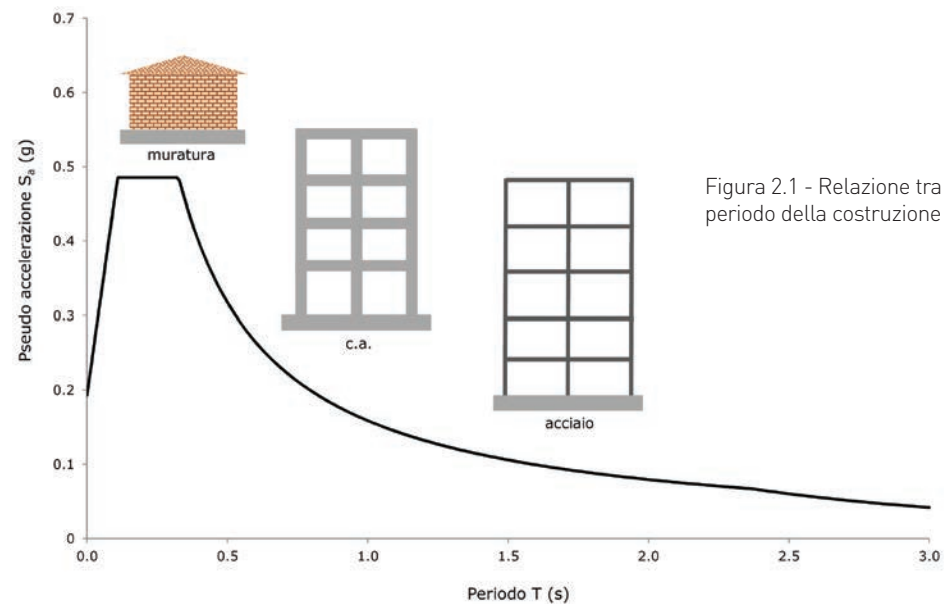


Figura 2.1 - Relazione tra intensità dell'azione sismica e periodo della costruzione (spettro di risposta)

pieni o semipieni subirà azioni sismiche più grandi di una con un involucro realizzato con pannelli prefabbricati leggeri. Oltre alle masse associate al peso proprio dell'edificio esistono anche le masse che derivano dalla destinazione d'uso. Anche in

questo caso, la loro distribuzione è in buona parte conseguenza di una scelta del progettista. Ad esempio, la scelta della distribuzione in altezza delle masse è importante perché le masse ai piani più alti producono momenti ribaltanti più elevati.

Non è quindi conveniente disporre ai piani superiori spazi destinati a biblioteche o soggetti a grande affollamento, più consoni utilizzare destinazioni d'uso meno impegnative in termini di massa. Si conclude quindi che una buona progettazione sotto

l'aspetto della sicurezza sismica non è un tema confinato all'interno della concezione e del dimensionamento della struttura ma è una questione che coinvolge la progettazione nel suo insieme e tutti i soggetti che a questa partecipano.



## DISSIPAZIONE, DUTTILITÀ E RAPPORTO COSTI-BENEFICI

Un aspetto complementare ai precedenti ma fondamentale per la sicurezza riguarda la dissipazione di energia.

Il movimento alla base può essere interpretato come un trasferimento di energia meccanica dal terreno alla costruzione, man mano che l'energia entra il moto si manifesta con intensità crescente, al termine dell'evento il moto si riduce e la costruzione ritorna in quiete dopo che tutta l'energia entrata è stata smaltita o, più tecnicamente, dissipata. L'ampiezza del moto che si manifesta e le associate sollecitazioni sulle costruzioni sono tanto più limitate quanto più il sistema è capace di dissipare velocemente l'energia che sta entrando.

Nell'approccio convenzionale al problema, suggerito nelle principali normative internazionali ed in quella nazionale, la dissipazione di energia deriva principalmente dal danneggiamento della costruzione, danneggiamento che coinvolge inizialmente gli elementi non strutturali (tramezzi, infissi, ecc.) per arrivare alla plasticizzazione dei componenti strutturali nel caso di eventi particolarmente intensi (Figura 2.2).

In questa logica, tanto più una costruzione è capace di subire danni senza crollare, tanto più sarà capace di dissipare energia, il suo moto sarà più contenuto, le sollecitazioni moderate e il costo della struttura limitato.

Ovviamente, quando arriverà il terremoto, ci sarà un conto da pagare per rendere nuovamente funzionale la costruzione e questo conto sarà proporzionale al danneggiamento. Il proprietario si trova quindi di fronte all'alternativa di scegliere se investire di più nella realizzazione di una nuova costruzione o rischiare di spendere molto

di più nel ripristino nel caso di terremoto. Il ventaglio delle possibilità di scelta è estremamente ampio, dipende dalla tipologia del sistema strutturale e dal progetto di dettaglio dei singoli componenti. È il progettista che dovrebbe guidare il committente verso la scelta migliore. Questo aspetto viene descritto dal **fattore di struttura  $q$** . Tale fattore parte dal valore unitario per le strutture progettate per non danneggiarsi e assume valori via via più grandi in base all'efficacia dei meccanismi di danneggiamento attivati per dissipare l'energia. Ciò determina una

riduzione della forza sismica di progetto come illustrato nella Figura 2.3. In questo modo il progetto strutturale in zona sismica si compone di tre fasi: scelta del fattore di struttura in relazione alla tipologia strutturale e al livello di danno accettato in condizioni sismiche, progetto della struttura con le forze sismiche ridotte in base al fattore di struttura, attuazione di tutte le regole di dettaglio volte a garantire che la struttura abbia effettivamente la capacità di dissipare l'energia sismica in modo coerente con il fattore di struttura adottato.

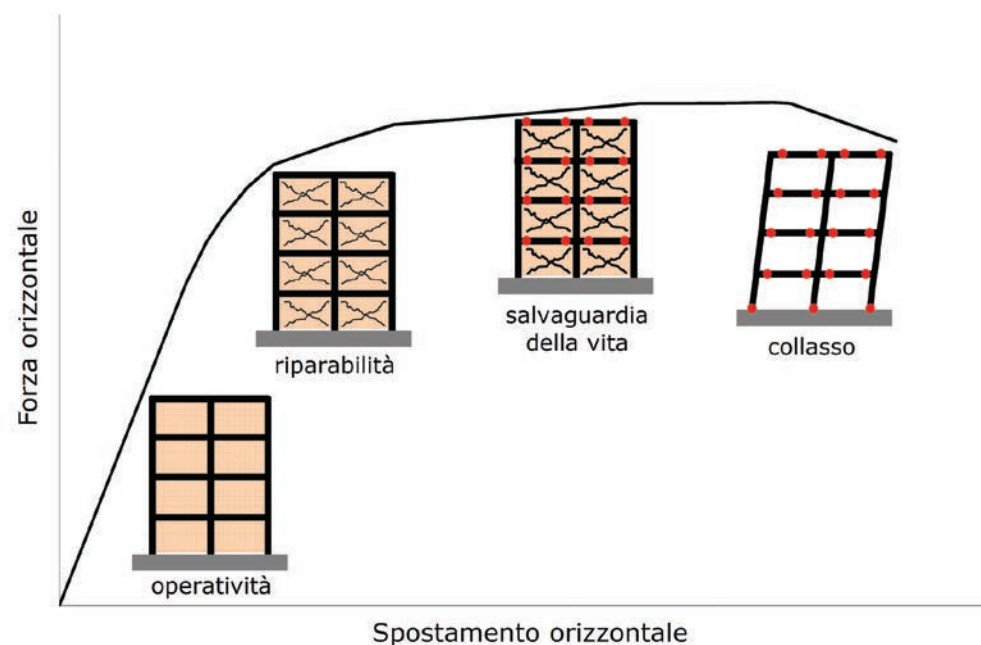


Figura 2.2 - Relazione tra risposta sismica e danneggiamento della costruzione.



Vista di cantiere realizzazione sede e stabilimenti aziendali Gruppo Castellini, Cazzago S. Martino (BS) - ph. TTM Laser spa

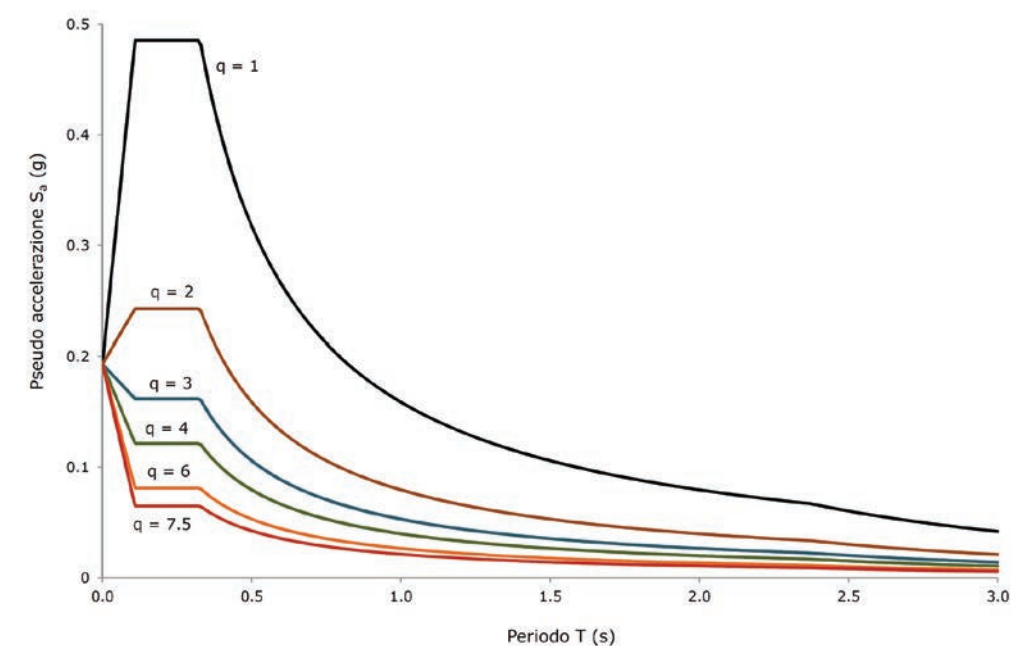


Figura 2.3 - Riduzione dell'azione di progetto al crescere del fattore di struttura



## APPROCCI INNOVATIVI

Negli ultimi anni stanno trovando applicazione approcci più razionali ed efficaci alla questione del controllo dei parametri che definiscono la risposta sismica. La crescente diffusione di queste soluzioni è stata anche sostenuta dalla recente normativa che ne permette l'adozione senza particolari vincoli burocratici.

In sintesi, la risposta sismica può essere migliorata adottando due strategie differenti. La prima interviene sul periodo proprio della costruzione. Come evidente dallo spettro di risposta (Figura 2.1), se la costruzione oscilla più lentamente (periodo più lungo), le accelerazioni e le forze sismiche si riducono. Il risultato si può ottenere introducendo un sistema flessibile, chiamato **isolamento sismico**, tra la fondazione solidale al terreno e la parte superiore della costruzione. La seconda strategia interviene sulla dissipazione e si attua introducendo dispositivi speciali, **i dissipatori sismici**, che provvedono a dissipare l'energia in ingresso, evitando che questa produca un danneggiamento sulla costruzione. Le due tecniche possono anche essere combinate per ottimizzare la prestazione complessiva e sono disponibili sul mercato dispositivi di dissipazione e isolamento basati su tecnologie differenti e pensati per soddisfare le esigenze più varie.

Sotto l'aspetto del rapporto costi-benefici, queste tecniche risultano sicuramente convenienti in una valutazione complessiva nel ciclo di vita della costruzioni. In ogni caso, anche i costi iniziali di costruzione sono spesso confrontabili con quelli di una soluzione tradizionale perché i maggiori costi dei dispositivi sono in buona parte compensati dalle economie che si possono fare nella struttura, dove le sollecitazioni sono maggiormente ridotte e non è necessario adottare gli onerosi dettagli costruttivi richiesti dalla progettazione tradizionale.



Riqualificazione Cascina Merlata, Milano - Costruttore Metallico: Bertero Mario srl



## IL CONTRIBUTO DELL'ACCIAIO PER LA SICUREZZA SISMICA DEGLI EDIFICI

Un dato di fatto: le costruzioni in acciaio sono ampiamente diffuse in quelle aree geografiche dove i terremoti risultano particolarmente intensi e dove la cultura della costruzione anti-sismica è ormai consolidata. In primis, Stati Uniti e Giappone.

I motivi di questo successo possono essere individuati facilmente analizzando i tre principali parametri introdotti in precedenza: massa, periodo proprio e capacità dissipativa. Per quanto riguarda la massa, è evidente che tanto maggiore è il rapporto tra capacità resistente del materiale e peso specifico, tanto più la struttura risulterà leggera e subirà azioni sismiche limitate. Il rapporto citato viene solitamente indicato come "resistenza specifica" ed è uno dei parametri principali con cui si caratterizzano le prestazioni meccaniche dei materiali. Per un confronto quantitativo, può essere utile valutare i rapporti che si ottengono per i più diffusi materiali da costruzione; per le buone murature esistenti in compressione si ottengono valori attorno a 500m, per il calcestruzzo compresso 1400m, mentre la carpenteria metallica (tesa o compressa) fornisce valori attorno a 4500m. Non si tratta solo di questo, nelle costruzioni a destinazione residenziale o per uffici, una parte importante della massa deriva dall'involucro, dai tramezzi e dalle altre componenti di finitura. Le tecniche tradizionali come muratura e calcestruzzo armato, realizzate in opera con tempi lunghi dettati dalla maturazione dei leganti, si associano solitamente a sistemi di completamento pesanti, realizzati anche loro in opera con laterizi e malte cementizie. Diverso il caso della struttura metallica, prefabbricata e connessa a secco, che si associa razionalmente e convenientemente a sistemi di completamento analoghi (leggeri, prefabbricati e connessi a secco). E' quindi tutto il processo costruttivo della costruzione metallica che conduce a strutture generalmente più leggere e sottoposte ad azioni sismiche più contenute.

Anche per quanto riguarda il periodo proprio, l'esito in termini di costruzione è conseguenza diretta delle caratteristiche del materiale. Parlando di una grandezza legata alla rigidità, può essere utile valutare la rigidità specifica, intesa come rapporto tra modulo elastico e peso specifico. Si ottengono circa 250km per la muratura, 1300km per il calcestruzzo e 2600km per l'acciaio. Sebbene i materiali possano essere ordinati allo stesso modo in termini di resistenza e rigidità, si osserva che le differenze sono meno importanti nel caso della rigidità e, ad esempio, l'acciaio è molto più resistente del calcestruzzo ma non è più rigido nella stessa misura. Quello che consegue in termini di progetto, è che un telaio in acciaio e un telaio in calcestruzzo che presentano la stessa resistenza non presentano la stessa rigidità e quello in acciaio risulterà più deformabile, a volte troppo, e sarà necessario inserire dei controventi. In generale, le strutture metalliche forniscono costruzioni con periodi propri più lunghi ai quali sono associate accelerazioni sismiche più ridotte (vedi spettro di risposta di Figura 2.1)

L'ultima questione riguarda la capacità della costruzione di dissipare energia durante eventi sismici intensi. Questa capacità è riconducibile alla deformazione plastica della struttura e dipende dalla duttilità del materiale, dalla conformazione dei componenti strutturali e dalla distribuzione delle resistenze all'interno della struttura. La duttilità del materiale costituisce una dote iniziale che può tradursi in duttilità locale dei componenti e, infine, in duttilità globale della struttura a patto di seguire regole di progettazione precise e codificate. Un materiale poco duttile, come la muratura, non potrà quindi generare una struttura duttile mentre un materiale come l'acciaio, che presenta una duttilità elevatissima, può raggiungere livelli di dissipazione di energia preclusi agli altri sistemi strutturali.





I TERREMOTI NON SONO TUTTI UGUALI

Le scelte strutturali in zona sismica sono strettamente connesse alle caratteristiche del terremoto di progetto previsto nel luogo in cui si costruisce. E' quindi utile definire dei parametri che permettano di descrivere terremoti sostanzialmente diversi in termini di risposta strutturale e correlare questi parametri con informazioni deducibili dal luogo di costruzione. Un terremoto è descritto da una storia di accelerazione del

terreno (Figura 4.1) e le informazioni di interesse possono essere scomposte, in termini qualitativi, in un fattore di scala, che descrive l'intensità dell'evento, e nei suoi contenuti in frequenza, che descrivono la variabilità del moto e producono effetti differenti su costruzioni con periodi di vibrazione diversi. Ai fini del progetto è utile descrivere questi aspetti tramite gli spettri di risposta elastici che forniscono direttamente il massimo della risposta previ-

sta in un sistema con periodo proprio di vibrazione  $T$ . In questo caso l'intensità può essere associata al valore di accelerazione corrispondente al periodo  $T=0$ , e corrispondente alla massima accelerazione del terreno, mentre i contenuti in frequenza influenzano la forma dello spettro e i massimi valori attesi al variare del periodo proprio dell'edificio. Una volta decisi alcuni aspetti di carattere generale che riguardano la misura della sicurezza, come la vita utile

della costruzione e la probabilità di subire un terremoto maggiore di quello considerato nel dimensionamento, parametri che influenzano l'azione di progetto dipendono dal luogo e sono sostanzialmente tre: la posizione geografica del luogo in cui si costruisce, le caratteristiche meccaniche degli strati superficiali del terreno e le caratteristiche morfologiche del terreno. In Figura 4.2 sono riportati i valori di accelerazione

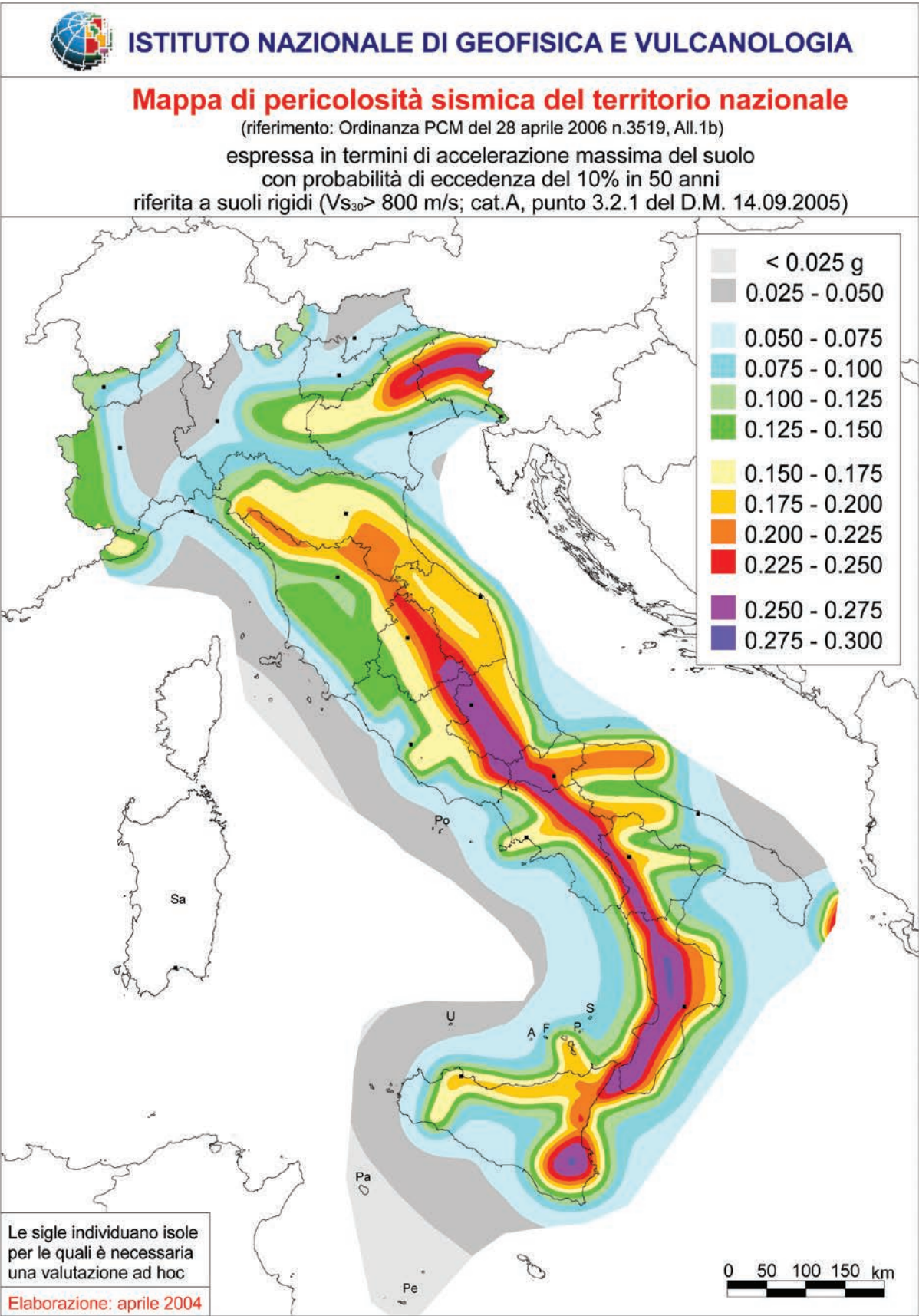
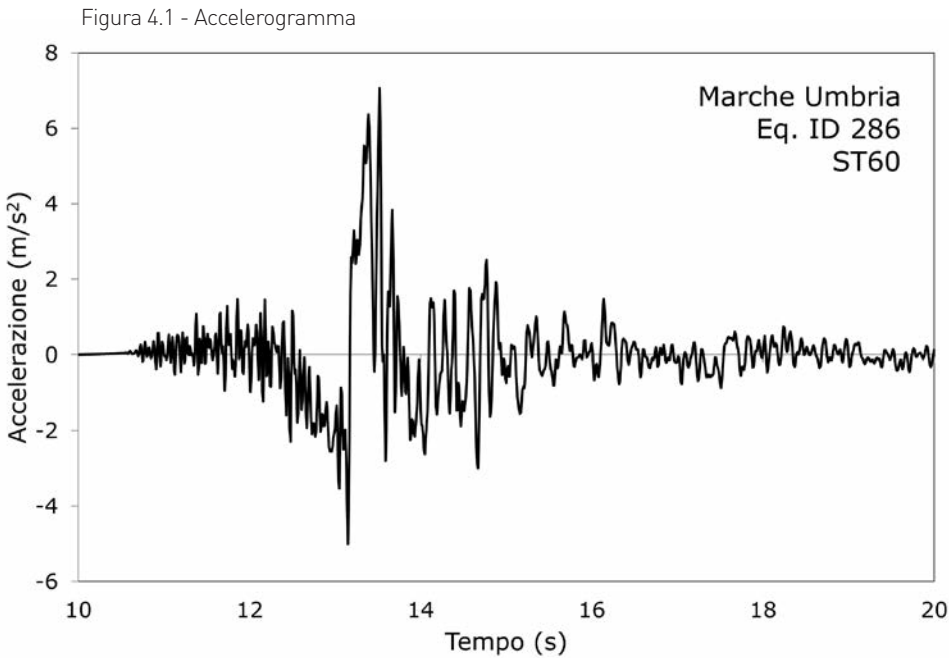


Figura 4.2 - Pericolosità sismica nazionale



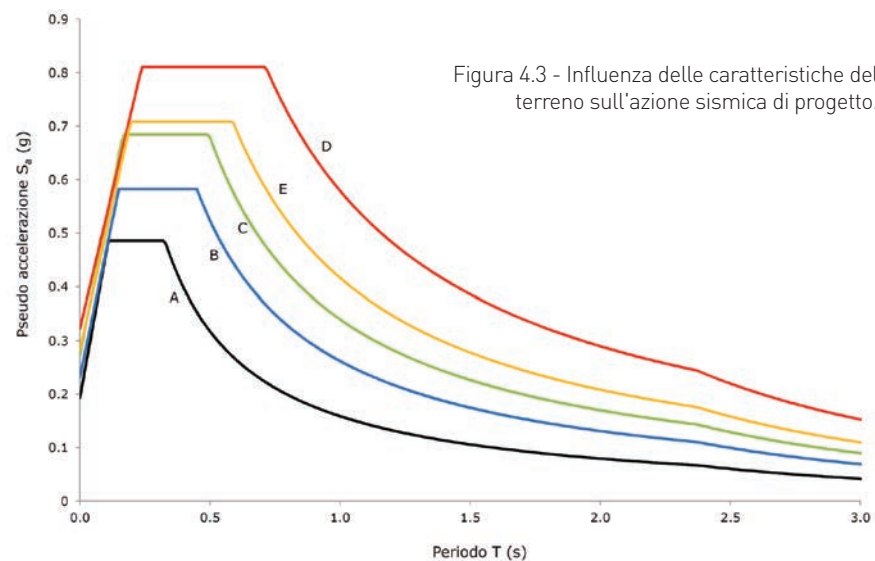
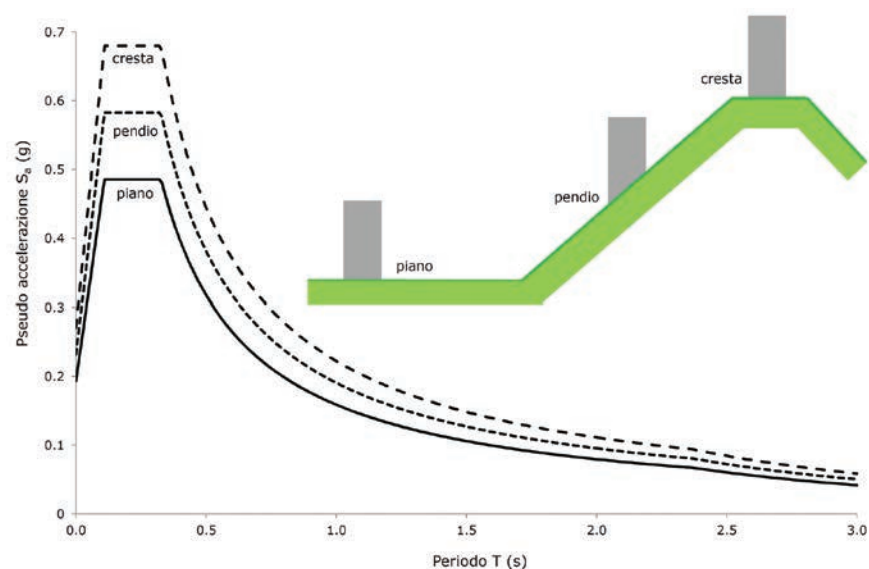


Figura 4.3 - Influenza delle caratteristiche del terreno sull'azione sismica di progetto.

del terreno attesi sul territorio italiano (probabilità di superamento del 10% in 50 anni). E' evidente come nel territorio nazionale esistano situazioni fortemente diversificate e in alcune aree l'azione sismica influenza molto poco le scelte strutturali e i costi di costruzione mentre in altre aree l'accelerazione è piuttosto grande e condiziona fortemente le scelte progettuali. Una volta inquadrato il problema in termini geografici, diventa importante la localizzazione di dettaglio e le caratteristiche di deformabilità del terreno. In generale, terreni più deformabili determinano azioni sismiche più intense, soprattutto nel caso di edifici con periodo di vibrazione lungo. Quanto detto risulta evidente dalla sovrapposizione degli spettri di progetto per le 5 classi di terreno considerate dalla normativa (Figura 4.3). Anche in questo caso le situazioni di progetto possono cambiare significativamente da caso a caso e costruzioni vicine ma fondate su terreni di diversa natura possono essere interessate da azioni sismiche molto differenti.

L'ultimo aspetto riguarda la morfologia superficiale del terreno e la situazione peggiora passando da una costruzione su terreno pianeggiante ad una su pendio o su cresta, come descritto dagli spettri di Figura 4.4.

Figura 4.4 - Influenza della morfologia del terreno sull'azione sismica di progetto.





## IL QUADRO NORMATIVO ITALIANO E INTERNAZIONALE

Le normative per le costruzioni in zona sismica costituiscono lo strumento con il quale i governi cercano di perseguire l'obiettivo della garanzia della sicurezza delle strutture e delle infrastrutture in caso di eventi sismici, obiettivo direttamente connesso con la salvaguardia delle comunità amministrate e la continuità delle attività produttive coinvolte. Le normative antisismiche sono in genere costituite da due componenti distinte: da una parte la classificazione sismica del sito e dall'altra le regole di progettazione per le strutture. La classificazione sismica ha l'obiettivo di indicare dove si possono manifestare eventi sismici e quale può essere la loro entità. Le regole di progettazione spaziano da prescrizioni per la corretta concezione e organizzazione della struttura fino ai dettagli costruttivi, passando per le raccomandazioni sui più idonei strumenti di analisi per la previsione del comportamento delle costruzioni durante i terremoti. Ne consegue che le normative antisismiche derivano dagli studi sviluppati e dalle esperienze accumulate in due differenti discipline: la sismologia per la parte legata alla classificazione sismica, l'ingegneria strutturale per la parte relativa alle regole di progettazione.



Centro Commerciale "I Ciliegi", Vignola (MO) - Costruttore Metallico: Stahlbau Pichler srl - ph. Oskar da Riz



CENNI STORICI

Antesignani delle normative antisismiche nazionali sono stati alcuni decreti emanati a partire dal 1600 nel Regno di Napoli e successivamente nello Stato Pontificio in risposta a terremoti distruttivi che avevano colpito le locali popolazioni. Si trattava essenzialmente di indicazioni per la costruzione di sistemi controventati (sistema baraccato alla beneventana) e di imposizioni sulle altezze massime degli edifici e gli spessori minimi delle murature portanti. E' il drammatico terremoto di Messina del 1908, uno degli eventi più catastrofici del XX secolo, a spingere l'allora governo del Regno d'Italia all'emanazione delle prime norme antisismiche italiane (Regio Decreto n. 193 del 18 Aprile 1909). Per la prima volta si parla di individuazione delle zone sismiche in Italia, anche se non si trattava altro che della mappa dei territori colpiti da forti terremoti. Di conseguenza la maggior parte delle zone d'Italia non era classificata come sismica. Tra le varie indicazioni fornite per la progettazione, veniva prescritto che le costruzioni fossero realizzate con una

ossatura in legno, di ferro, di cemento armato o di muratura armata, limitando la muratura in mattoni o in blocchi di pietra squadrata o listata, alle costruzioni di un solo piano. Per quanto riguarda le azioni sismiche, la norma prescriveva di considerare forze statiche orizzontali e verticali proporzionali ai pesi. Le azioni statiche dovute al peso proprio ed al sovraccarico dovevano essere aumentate di una percentuale che rappresentasse l'effetto delle vibrazioni sussultorie. Le azioni dinamiche dovute al moto ondulatorio venivano invece rappresentate attraverso accelerazioni applicate alle masse del fabbricato in due direzioni ortogonali e agenti in entrambi i sensi di ciascuna direzione.

LEGGE 64/1974

Bisogna attendere alcuni decenni per un diverso approccio al problema della sicurezza sismica, quando nel 1974 viene approvata la legge della Repubblica Italiana n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Tale legge delega il Ministro dei Lavori Pubblici: ■ all'emanazione di norme tecniche per le costruzioni sia pubbliche che private, da effettuarsi con decreto ministeriale, di concerto con il Ministro per l'Interno, sentito il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, e con la collaborazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR); ■ all'aggiornamento della classificazione sismica attraverso appositi decreti ministeriali sulla base di comprovate motivazioni tecnico-scientifiche. Un'innovazione di metodo molto importante dato che fino al 1974 in Italia i comuni erano stati classificati come sismici e sottoposti a norme restrittive per le costruzioni solo dopo essere stati fortemente danneggiati dai terremoti. La legge n. 64 del 1974 segue

di qualche anno la legge n. 1086 del 1971 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" che regola le costruzioni in zone non sismiche e che presenta una simile impostazione con delega ai decreti ministeriali per le indicazioni progettuali da aggiornare periodicamente in base al progresso delle conoscenze tecniche e scientifiche. In conseguenza del riordino normativo della materia edilizia, le disposizioni previste dalla legge n. 64 del 1974 sono successivamente confluite, con alcune modifiche, nel DPR 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia, il cui Capo IV reca "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche", con disposizioni specifiche relative alle norme per le costruzioni in zone sismiche, alla relativa vigilanza, nonché alle modalità di repressione delle violazioni. A tutt'oggi tale legge costituisce il punto di partenza per le prescrizioni in zona sismica.

DAI TERREMOTI IN FRIULI VENEZIA GIULIA ED IRPINIA ALL'ORDINANZA 3274/2003

Gli studi di carattere sismologico effettuati all'indomani del terremoto del Friuli Venezia Giulia del 1976 e di quello in Irpinia del 1980, svolti all'interno del Progetto Geodinamica del CNR, portarono ad un notevole aumento delle conoscenze sulla sismicità del territorio nazionale che consentirono la formulazione di una proposta di classificazione sismica su base probabilistica. Con appositi decreti ministeriali, tra il 1981 ed il 1984, il 45% del territorio nazionale fu classificato sismico (con una suddivisione in tre categorie) e in tali zone divenne obbligatorio il rispetto delle specifiche norme antisismiche per le costruzioni. Tale classificazione è rimasta in vigore per due decenni fino a quando, dopo il terremoto del 2002 in Puglia e Molise, al fine di fornire una risposta immediata alla necessità di aggiornamento della classificazione sismica e delle norme antisismiche, viene emanata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 2003. Tale provvedimento legislativo ha riclassificato l'intero territorio nazionale in quattro zone a diversa perico-

losità, eliminando le zone non classificate. E' un punto di svolta importante perché viene riconosciuto che nessuna area dell'Italia può ritenersi non interessata al problema sismico. Altro aspetto di novità dell'ordinanza è stato quello di pubblicare le norme tecniche di progettazione antisismica che comprendono, per la prima volta in un documento unico, le diverse tipologie di costruzioni (edifici, ponti ed opere di fondazione e di sostegno dei terreni) nei differenti materiali

(calcestruzzo armato, acciaio, composte acciaio e calcestruzzo, legno, muratura). Il tutto in forte sintonia con il sistema di normative già definito a livello europeo, di fatto segnando il passaggio dalle norme di vecchia concezione puramente prescrittive a quelle di nuova concezione di impostazione prestazionale. In tale ambito gli obiettivi della progettazione che la norma si prefigge vengono dichiarati ed i metodi utilizzati allo scopo vengono singolarmente giustificati.



Passerella pedonale sul Canal Grande di Trieste - Costruttore metallico: Officine Bertazzon spa



LE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

EUROCODICI E FUTURI SVILUPPI

L'impostazione introdotta con l'ordinanza è stata confermata dall'ultimo aggiornamento attualmente in vigore, ossia il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" successivamente affiancato dalla Circolare del 2 febbraio 2009, n. 617 contenente "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale del 14/01/2008. In tale decreto l'azione sismica è descritta nel capitolo 3 insieme alle azioni antropiche e ambientali, la progettazione per azioni sismiche è descritta nel capitolo 7 per i diversi materiali (all'acciaio è dedicato il paragrafo 7.5 e alle strutture composte acciaio e calcestruzzo il paragrafo 7.6), infine il capitolo 8 è rivolto ai problemi specifici delle costruzioni esistenti. **A tali regole di progettazione si affianca la possibilità di fare riferimento alla normativa europea sulle strutture (Eurocodici), utile riferimento per tutti gli aspetti non esplicitamente trattati nella normativa italiana.**

Gli Eurocodici forniscono delle regole unificate per la progettazione e la verifica di sicurezza delle strutture e dei prodotti da costruzione nell'ambito dell'ingegneria civile. Sono il frutto della raccolta delle esperienze nazionali dei paesi europei e del contributo di comitati tecnici internazionali così come di organizzazioni scientifiche, il tutto ad opera del Comitato Europeo di Normazione (CEN). Gli Eurocodici forniscono una mole rilevante di informazioni e indicazioni per la progettazione strutturale secondo un approccio prestazionale presentato per obiettivi (principi) e indicazioni per raggiungere gli obiettivi prefissati. Sono suddivisi in dieci volumi e si parte dall'Eurocodice 0 che definisce i concetti di base per la progettazione strutturale a garanzia della sicurezza delle costruzioni, seguito dall'Eurocodice 1 che introduce le azioni (escluso il sisma) da considerare sulle costruzioni. Gli Eurocodici dedicati ai diversi materiali sono il 2 (calcestruzzo armato), 3 (acciaio),



Ponte ad Ala (TN) - vista generale e dettaglio dell'impalcato in fase di cantiere - Costruttore Metallico: Officine Bertazzon spa

Sede e stabilimenti AS do MAR, Olbia - Costruttore metallico: Profilsider spa



Sede SACMI Forni, Casalgrande (RE) - ph. Studio di Ingegneria Monti





4 (strutture composte acciaio e calcestruzzo), 5 (legno), 6 (mattura), 9 (alluminio). Vi sono poi l'Eurocodice 7 dedicato alla progettazione geotecnica e l'Eurocodice 8 che si occupa della progettazione strutturale in zona sismica, integrando le indicazioni generali presentate per i singoli materiali negli altri volumi. Nello specifico, l'Eurocodice 8 è suddiviso in una parte 1 (regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici), 2 (ponti), 3 (valutazione e adeguamento degli edifici), 4 (silos, serbatoi e condotte), 5 (fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici), 6 (torri, pali e camini). L'Eurocodice 8 parte 1 presenta quattro capitoli generali a seguire capitoli specifici per i vari materiali strutturali, dei quali il capitolo 6 e il capitolo 7 contengono le regole specifiche rispettivamente per le costruzioni in acciaio e composte acciaio e calcestruzzo. Per soddisfare le diverse esigenze e condizioni locali degli stati appartenenti alla Comunità Europea, gli Eurocodici sono organizzati in modo da permettere in modo semplice modifiche nelle prescrizioni tramite l'assegnazione di parametri che possono essere diversi dai

valori indicativi riportati. Tali modifiche vengono realizzate per ciascuno stato tramite l'emanazione di documenti di applicazione nazionale. Con la pubblicazione nel 2007 della corrente versione degli Eurocodici è iniziata la fase di implementazione negli stati membri, aprendo la possibilità ai progettisti delle strutture di diffondere all'interno dell'Europa in modo molto più agevole la propria attività, a tutto vantaggio della libera circolazione delle idee. Parallelamente si è registrato un interesse verso gli Eurocodici in ambito internazionale come standard di riferimento e possibile alternativa alle normative nordamericane che hanno tradizionalmente avuto tale ruolo per diversi decenni, chiaro e lusinghiero dato che conferma l'importanza del grande sforzo di unificazione normativo intrapreso e dei risultati raggiunti. Tuttavia, nonostante l'ampio corpo normativo europeo, le normative nordamericane e statunitensi in particolare rimangono ancora un utile riferimento, soprattutto per l'acciaio in zona sismica vista la consolidata tradizione americana sull'argomento e la maggior rapidità con la quale spesso si passa dalle numerose ricer-

che applicative finanziate all'aggiornamento e ampliamento delle normative per comprendere nuovi soluzioni e nuovi sistemi strutturali. Un discorso a parte va fatto quando si parla di interventi su edifici esistenti costituenti il patrimonio storico e artistico. Viste le specificità della situazione italiana, si sentiva l'esigenza di indicazioni che potessero costituire un aiuto al progettista impegnato a lavorare sul patrimonio esistente, indicazioni che non era possibile reperire in normative extra nazionali. In tale situazione, un valido riferimento è dato dalle "Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008" pubblicate nel 2011. Nel capitolo 6 di tali linee guida, dedicato ai criteri di intervento per il miglioramento sismico e alle tecniche di intervento, esplicita menzione è fatta agli interventi basati sull'uso di elementi in acciaio che, come già discusso, presentano indubbi vantaggi e potenzialità di impiego. Il quadro normativo italiano, così come quello internazio-

nale, segue un processo continuo di evoluzione e aggiornamento. Al momento sono in corso due azioni che interesseranno a breve il progettista. La prima riguarda l'evoluzione della norma nazionale, il nuovo testo è stato approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici il 14 novembre 2014 ed al momento è in corso l'iter per l'approvazione definitiva, che comprende il passaggio alla Conferenza Stato-Regioni e la verifica da parte dei Ministeri interessati. La bozza approvata non contiene variazioni significative ma fornisce utili approfondimenti e indicazioni, soprattutto per quanto riguarda gli interventi sulle costruzioni esistenti. La seconda azione riguarda il processo di revisione degli Eurocodici, iniziato nel 2014 su mandato della Comunità Europea. La revisione di tutti gli Eurocodici prevede un percorso piuttosto articolato e si concluderà nel 2019.



Associazione "La Nostra Famiglia", Bosisio Parini (LC) - ph. Beppe Raso / Studio Paolo Bodega, Studio Maurizio Varratta





## NUOVE REALIZZAZIONI

EDIFICI PER **RESIDENZE E UFFICI**

**COSTRUZIONI PER L'INDUSTRIA  
E LE ESPOSIZIONI**

**PONTI E VIADOTTI**

**ESEMPI REALIZZATIVI**



EDIFICI PER RESIDENZE E UFFICI

Nelle nuove costruzioni l'edificio multipiano viene solitamente concepito sulla base di un sistema strutturale a telaio, composto da elementi lineari, travi e pilastri, e solai dotati di elevata rigidezza nel piano orizzontale. Progettista, costruttore e committente si trovano di fronte a due scelte

alternative: il sistema strutturale in calcestruzzo armato o il sistema strutturale in acciaio. Come già discusso, la soluzione metallica è in generale più razionale in zona sismica, anche se molto spesso motivazioni legate alla tradizione del costruire e del progettare conducono a scelte

diverse. Oltre agli aspetti prestazionali, è interessante mettere in evidenza come la soluzione metallica presenti una panoramica di possibilità decisamente più ampia e flessibile rispetto alla soluzione in cemento armato. Le capacità dissipative delle costruzioni di c.a. e l'as-

ciato fattore di struttura (fattore di riduzione delle azioni di progetto) variano all'interno di campi piuttosto stretti. Il fattore di struttura varia approssimativamente tra 3 e 5. I meccanismi di plasticizzazione e il conseguente danneggiamento interessano l'estremità delle travi e la

Abitazione privata a Foligno (PG) - Costruttore Metallico: Poly srl



Figura 6.1 - Schemi tipologici e fattori di struttura

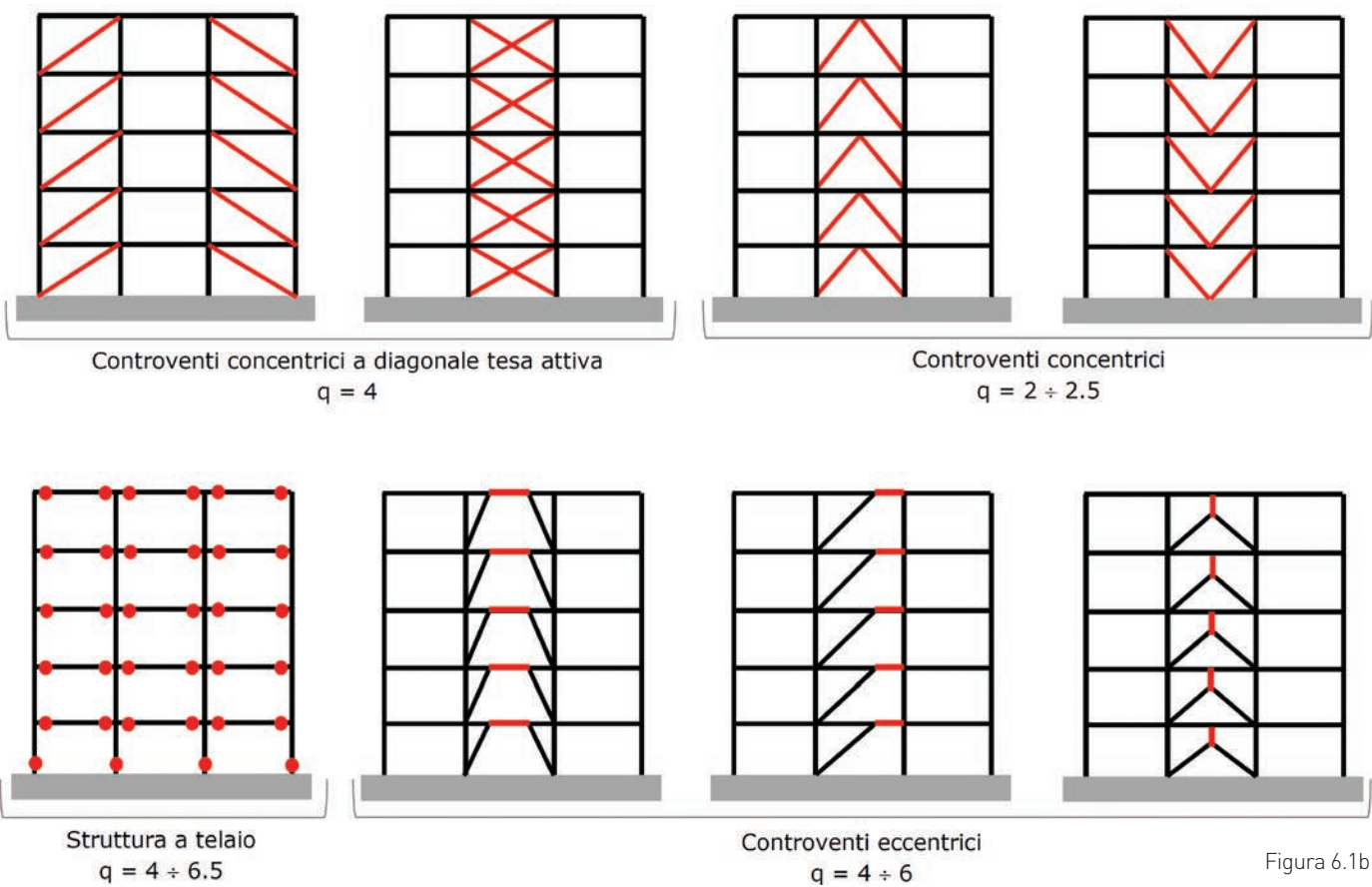
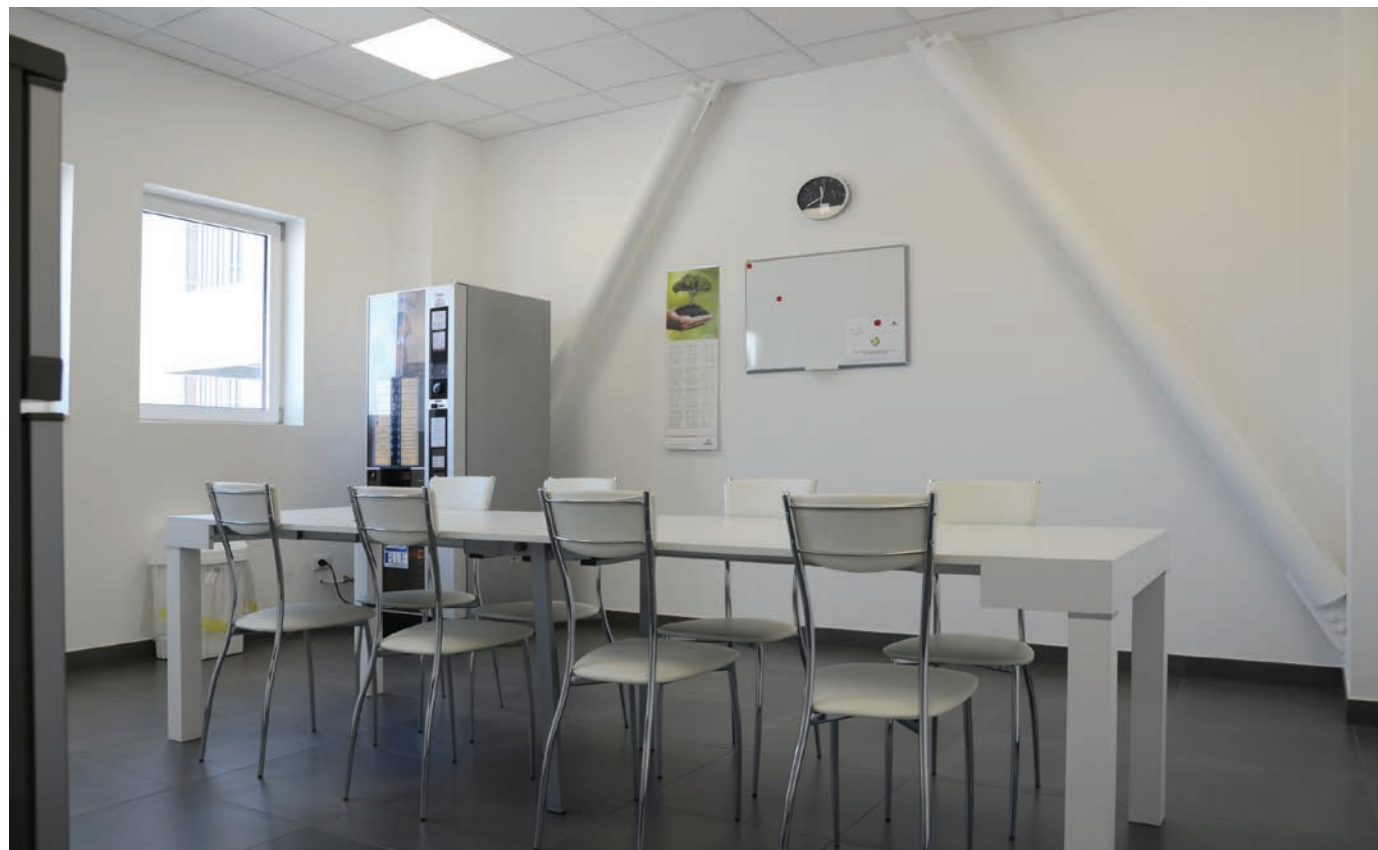


Figura 6.1b

Edificio Autorità Portuale di Ravenna con Controventi a V







Vista di controventi eccentrici - Sede e Stabilimento URSA, Bondeno (FE) - Costruttore Metallico: Stahlbau Pichler srl - ph. Archliving srl



Edificio a telaio per il terminal Lido di Venezia  
Costruttore Metallico:  
Officine Bertazzon spa



Edificio residenziale a Santa Maria Nuova (AN) con controventi a instabilità impedita

base dei setti, restituendo una costruzione che richiede interventi di ripristino diffusi sui telai e sui piani. Nella costruzione di acciaio si possono adottare sistemi sismo-resistenti tipologicamente diversi, ai quali sono associati fattori di struttura che variano tra 1 e 6.5 e **danneggiamenti che spesso si concentrano su pochi elementi facilmente ripristinabili**. Può venire da chiedersi: è interessante progettare con

fattori di struttura molto bassi, tra 1 e 2, associati ad accelerazioni sismiche di progetto molto grandi? Nelle costruzioni in acciaio, a volte, sì. **Se la costruzione è leggera, la forza sismica può essere contenuta anche per accelerazioni elevate**. In molte situazioni i requisiti minimi di rigidezza e resistenza vengono dalle verifiche in presenza di vento e l'azione sismica diventa un'azione secondaria e non è più impor-

tante avere fattori di riduzione grandi. **Tra l'altro, un fattore di struttura piccolo significa danneggiamento limitato in caso di sisma e facilita la rifunionalizzazione della costruzione**. Un excursus tipologico dei sistemi sismo-resistenti in acciaio potrebbe iniziare dai sistemi con fattore di struttura  $q=1$ , progettati senza nessuno sconto sulle azioni sismiche. In questo caso non ci sono vincoli alla morfologia

e il sistema è progettato per non danneggiarsi durante il terremoto. Gli altri sistemi codificati sono tutti organizzati secondo uno schema di orizzontamenti rigidi che trasferiscono le azioni orizzontali a pochi elementi verticali di controvento dotati di capacità dissipative più o meno elevate (vedi **Figura 6.1**). **I controventi con diagonali a V, dritta o rovescia, presentano una duttilità limitata ( $q=2-2.5$ ) ma possiedono una**

**buona rigidezza**. In caso di terremoto si plasticizzano i soli diagonali e la loro sostituzione è poco costosa e veloce. Un livello superiore di dissipazione si può ottenere con **i controventi concentrici con diagonali tese**, in questo caso **il fattore di struttura è pari a 4**. Come in precedenza, la dissipazione si concentra sui soli diagonali, semplificando le operazioni di ripristino. Alla stessa famiglia di controventi reticolari appar-

tengono anche i controventi con diagonali ad instabilità impedita o BRB (Buckling-Restrained Braces). In questo caso i diagonali sono dei veri e propri dispositivi di dissipazione, capaci di fornire prestazioni superiori e più controllabili. Le prestazioni più elevate in termini di fattore di struttura, sempre che siano effettivamente utili nell'economia generale del **progetto, si ottengono con i controventi eccentrici e con i**

**sistemi sismo-resistenti a telaio**. **I fattori di riduzione variano tra 4 e 6.5**. I due sistemi sono morfologicamente diversi, i controventi eccentrici sono progettati in modo da concentrare la plasticizzazione e il danneggiamento su piccole porzioni della trave, chiamate link, mentre nei telai il danneggiamento avviene all'estremità delle travi ed è diffuso su campate e piani. Il danneggiamento delle travi ovviamente com-

plica le operazioni di sostituzione che diventano più onerose nel caso dei telai dove il danno può risultare diffuso su ampie porzioni dell'edificio. A seguire alcune realizzazioni con tipologie strutturali diverse che mettono in evidenza come la soluzione ottimale possa variare da caso a caso, in relazione alla sismicità locale, al sistema costruttivo nel suo complesso e alla funzione della costruzione.



COSTRUZIONI  
PER L'INDUSTRIA E LE ESPOSIZIONI



Figura 7.1

Esiste un settore del mondo delle costruzioni dove le strutture in acciaio hanno sempre dimostrato di poter fornire ottime prestazioni: è il settore degli ambienti per la produzione o per le esposizioni. Si tratta di due ambiti funzionali che devono rispondere a richieste simili di utilizzo dello spazio e impiegano di conseguenza tipologie strutturali analoghe. La necessità primaria è quella di coprire spazi ampi senza pilastri intermedi con coperture a quote generalmente superiori a quelle degli interpiani delle costruzioni residenziali. Le grandi luci sono il campo di utilizzo dove materiali con elevata resistenza, come l'acciaio, possono essere sfruttati in modo ottimale, spesso mediante l'adozione di sistemi reticolari. Ma non è solo una questione di fattibilità. Nel mondo della produzione e delle esposizioni giocano un ruolo fondamentale anche altri aspetti: la velocità di esecuzione, la modularità e

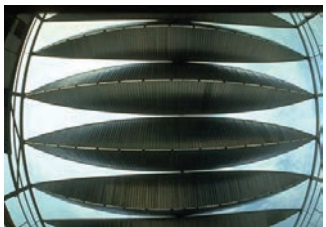


Figura 7.2

la possibilità di ampliamento, la possibilità di ricollocamento. Tutti aspetti dove le specificità della costruzione in acciaio possono essere valorizzate, come confermano alcuni esempi illustri. Un esempio è fornito dalla soluzione studiata da Renzo Piano per il Renault centre (Figura 7.1), sviluppata con particolare attenzione alle questioni che riguardano la modularità e la possibilità di ampliamento, o le officine Jakem di Santiago Calatrava (Figura 7.2) dove la copertura è realizzata con elementi leggeri e piegabili che ottimizzano il trasporto e la posa in opera. Se si analizza la questione della prestazione sismica sulla base dei tre parametri fondamentali individuati in precedenza, massa, periodo proprio e duttilità, è immediato osservare la sostanziale assenza del primo (Figure 7.3), almeno per quanto riguarda gli elementi strutturali. Queste strutture appartengono a sistemi costruttivi



Figura 7.3a

che di regola prevedono chiusure verticali e coperture in pannelli prefabbricati leggeri, in lamiera con strati di coibentazione interna, per cui la considerazione sulla leggerezza si estende alla costruzione nel suo insieme. Per quanto riguarda le scelte progettuali, è facile trovarsi di fronte a priorità invertite rispetto agli edifici multipiano. Le masse sono così ridotte che l'azione sismica diventa secondaria rispetto all'azione orizzontale dovuta al vento, proporzionale all'ampiezza delle superfici. Il progetto viene spesso sviluppato senza far ricorso a fattori di riduzione dell'azione sismica, e i vantaggi che si riscontrano adottando una costruzione in acciaio per queste tipologie strutturali vengono enfatizzati nelle zone sismiche. Il panorama nazionale delle costruzioni esistenti restituisce purtroppo un quadro piuttosto irrazionale. Studi recenti confermano come nella maggior parte dell'Europa, soggetta ad una sismicità mediamente

modesta, la grande maggioranza delle costruzioni a destinazione produttiva siano realizzate in acciaio e il c.a. trovi applicazione negli insediamenti produttivi minori mentre in Italia, dove la pericolosità sismica è medio-alta, siano privilegiate le costruzioni in cemento armato (precompresso) e, in parte, anche in muratura (Figura 7.4). Per completare il panorama è utile anche ricordare che le normative nazionali hanno in passato privilegiato le indicazioni per la progettazione sismica degli edifici multipiano, rispetto alle costruzioni prefabbricate di tipo industriale. L'effetto combinato di elevata pericolosità sismica del territorio e la diffusa elevata vulnerabilità delle costruzioni prefabbricate in c.a.p. determina attualmente un significativo livello di rischio sismico dei nostri insediamenti industriali, come del resto portato all'evidenza dal terremoto dell'Emilia del 2012. Nelle nuove costruzioni, l'acciaio sta trovando una diffusione crescente anche nel mercato nazionale e la sua ridotta sensibilità alle azioni sismiche sta promuovendo la ricerca di soluzioni più flessibili e di maggior qualità architettonica, di cui si riportano alcuni esempi.



Figura 7.3b - Leggerezza del sistema acciaio - ph. Profilsider spa (a), Daniele Domenicali (b)

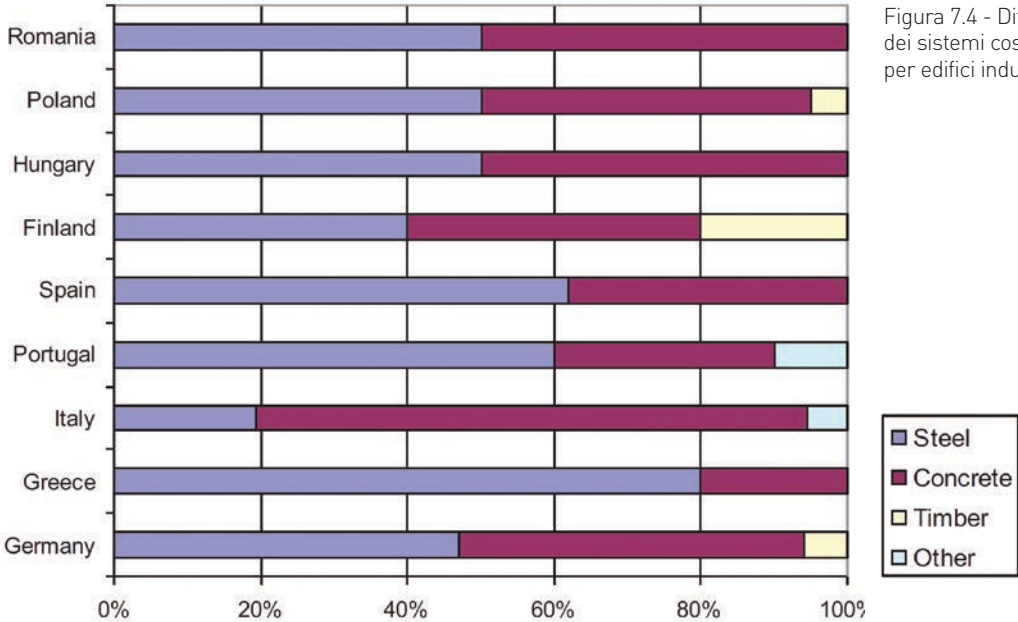


Figura 7.4 - Diffusione dei sistemi costruttivi per edifici industriali





## PONTI E VIADOTTI

La progettazione dei ponti in Italia ha attraversato un processo di cambiamento piuttosto radicale negli ultimi 15-20 anni. Se si osservano i ponti di realizzazione più recente, si nota una ricorrente diversità di sistema costruttivo e schema statico rispetto ai loro predecessori. Sono sostanzialmente due le cause di questa evoluzione: la razionalizzazione del sistema costruttivo e l'avvento di nuovi criteri e nuove norme per la progettazione sismica.

Per lungo tempo la soluzione costruttiva più diffusa per la realizzazione di ponti e viadotti si è basata sull'adozione di travi prefabbricate in c.a.p., semplicemente appoggiate su sottostrutture disposte a breve distanza a causa della limitata capacità del sistema nel realizzare luci importanti. Una scelta più che altro determinata dal mercato delle costruzioni, tradizionalmente orientato in Italia verso la produzione di calcestruzzo e dei suoi derivati, dall'esperienza delle imprese e dalla cultura dei progettisti. Queste soluzioni sono caratterizzate da pesi elevati e fondazioni impegnative, sottostrutture invadenti, particolarmente penalizzanti nel caso di attraversamenti fluviali e scarsa durabilità.

Sotto l'aspetto sismico, è evidente che un impalcato pesante in c.a.p. determina azioni sismiche particolarmente impegnative. Oltre a questo aspetto è utile ricordare che le progettazioni di quel periodo sono state sviluppate in base a una conoscenza del problema sismico non adeguata che ha prodotto risultati inefficaci nel fronteggiare eventuali terremoti. In particolare, il sistema di vincolo tra impalcato e sottostrutture non veniva progettato con forze adeguate e gran parte delle realizzazioni utilizzava un sistema di vincolo (catena cinematica) che trasferisce l'azione sismica di tutto l'impalcato ad un solo componente delle sottostrutture. La vulnerabilità sismica dei ponti e viadotti esistenti ha trovato ampia conferma nei terremoti più recenti.

Il processo evolutivo della progettazione dei ponti ha determinato una trasformazione del sistema costruttivo dell'impalcato e si è orientato verso la soluzione con travi affiancate in acciaio completate in opera con una soletta collaborante superiore e schema statico a trave appoggiata. Questa è la soluzione oggi più diffusa per le luci piccole e medie (40m-80m), mentre il campo delle luci maggiori è sempre stato di dominio dell'acciaio. L'evoluzione verso queste tipologie, già ampiamente diffuse nel resto d'Europa, è stata inizialmente stimolata da motivazioni tecniche ed economiche e si è rafforzata a partire del 2003 con l'introduzione di norme specifiche per la progettazione sismica dei ponti che promuovevano indirettamente l'utilizzo di sistemi costruttivi di questo tipo. Un impalcato acciaio-calcestruzzo presenta azioni gravitazionali e masse sismiche molto più piccole di quelle di un impalcato convenzionale, producendo un'evidente economia nel dimensionamento di sottostrutture e fondazioni. Molto spesso i ponti vengono protetti dal sisma mediante un sistema di appoggi deformabili e capaci di dissipare energia (isolamento sismico alla base) che richiede l'adozione di dispositivi speciali (isolatori) per la realizzazione del collegamento impalcato-sottostruttura. Anche in questo caso, la tipologia a struttura composta contribuisce all'economia complessiva, poiché richiede un numero ridotto di travi affiancate, spesso solo due, e conseguentemente pochi dispositivi di appoggio. A differenza di altri settori del mondo delle costruzioni, in questo caso si è assistito ad una trasformazione piuttosto veloce dove diverse motivazioni, non esclusivamente legate all'ingegneria antisismica, hanno contribuito ad indirizzare le realizzazioni verso soluzioni non solo più economiche e sicure ma anche più durevoli e di minor impatto ambientale.



ph. FPA



RESIDENZE “VIA PIAVE” a Marina di Grosseto (GR)

L’edificio, che ospita 36 unità abitative, è costituito da 7 livelli compreso il sottotetto ed un piano interrato che funge da garage. Gli appartamenti hanno una distribuzione interna molto semplice e presentano tre vani, organizzati in soggiorno-cucina e camere, e dispongono sempre di un accesso alle terrazze. Queste, diverse nelle dimensioni, sono studiate per ombreggiare le numerose aperture degli appartamenti. Le strutture portanti sono caratterizzate da una maglia in travi e colonne in acciaio in profili aperti ad H e I, con solai in lamiera grecata e getto collaborante di completamento. L’ossatura in acciaio ha permesso ampia libertà progettuale consentendo inoltre di ottenere un edificio leggero, con massa ridotta; completano l’edificio controventi di parete e di piano realizzati con profili in acciaio. Per garantire un’adeguata protezione dalla corrosività dell’ambiente salino dove sorge la palazzina, le strutture, pur essendo lasciate “a vista” come elemento architettonico, sono state zincate a caldo.

**Committente** STE.GI di Rosso D. & C. sas **Progettista Architettonico** Giuseppe Chigiotti **Progettista Strutturale** Massimo Bucciantini, Fabiano Baglioni, Leonardo Cherubini **Impresa** Piccola Soc. Coop. Produzione e Lavoro Union Coop Teverola **Costruttore Metallico** CMT srl

ph. Poly



ABITAZIONE MONOFAMILIARE a Foligno (PG)

Situata in un comune classificato con sismicità 1, l’abitazione è stata realizzata con struttura portante in travi e pilastri di acciaio in profili IPE e HE e reticolari costituite da profili angolari. L’ossatura in acciaio, giuntata mediante bulloni ed opportunamente controventata, è garanzia di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche grazie alla massima resistenza e duttilità strutturale. Esternamente l’edificio è rivestito da pannelli prefabbricati, ancorati meccanicamente alla struttura principale in acciaio. Per assecondare le richieste architettoniche in linea anche con la tradizione umbra, i sottogronda ed i portici sono stati realizzati con travi in rovere e pianelle in cotto, recuperate dalla demolizione di un vecchio fabbricato.

**Committente** Privato **Progettista Architettonico** Stefano Trabalza **Progettista Strutturale** Giovanni Corti, Alessandro Pinzuti **Costruttore Metallico** Poly srl – Sistema costruttivo Poly House

ph. Cogi



EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE a Bellusco (MB)

L’abitazione monofamiliare di 15x8 m in pianta impiega un innovativo sistema costruttivo, basato sull’utilizzo di profili sottili formati a freddo in acciaio (CFS). L’eccellente integrabilità tra strutture portanti e materiali impiegati nell’edilizia stratificata a secco ha permesso la realizzazione in tempi ridotti di un edificio dalle alte prestazioni ed energeticamente efficiente; la leggerezza intrinseca delle strutture garantisce inoltre una massa sismica contenuta. Utilizzando profili in classe 4, l’edificio è stato progettato al limite elastico, con un fattore di struttura q prossimo all’unità. I moduli di parete sono dotati di controventi realizzati mediante piatti in acciaio per le azioni orizzontali e di controventi a traliccio per le azioni longitudinali. La rigidezza degli impalcati è garantita dai pannelli e dalle lamiere grecate, entrambi collegati all’ossatura portante in acciaio.

**Committente** Privato **Progettista Architettonico** Emanuele Tanzi **Progettista Strutturale** Marco Redaelli **Costruttore Metallico** Cogi srl – Sistema costruttivo steelMAX®

EDIFICIO RESIDENZIALE MONOFAMILIARE a Lucignano (AR)

Al confine tra i territori senesi e aretini, l’edificio costituito da due piani fuori terra riprende esteticamente i colori e i materiali rurali del territorio. Le strutture portanti, totalmente antisismiche, sono in carpenteria metallica, con un graticcio di profili aperti HE e IPE a costituire i tralicci e coperture realizzate con capriate in travi reticolari ottenute da profili angolari. Controventi in acciaio, insieme alla leggerezza ed alla resistenza delle strutture portanti metalliche, garantiscono la sicurezza degli abitanti in caso di terremoti. Contornata da un ampio giardino l’abitazione è rivestita in laterizio, con finiture di pregio in travertino ed elementi lignei con colorazione rovere.

**Committente** Privato **Progettista Architettonico** Massimo Monaci **Progettista Strutturale** Giovanni Corti **Costruttore Metallico** Poly srl – Sistema costruttivo Poly House

ph. Poly



EDIFICIO “TENDENZA” - COMPLESSO NET CENTER a Padova

Il complesso NET Center sorge su una piastra di circa 15.000 mq ed è formato da una torre di 20 piani fuori terra, contornata da edifici con diverse destinazioni d’uso: ricettivo, commerciale e direzionale. Palazzo Tendenza è caratterizzato da un disegno lineare ed è lungo 140 m, largo 30 e alto 17 metri. L’edificio multipiano ha una struttura portante in acciaio con facciate vetrate e frangisole in lamiera stirata di colore argenteo. La particolare forma a “C” del volume, con un lato delimitato da una facciata vetrata trasparente, restituisce ai fruitori dell’edificio la sensazione di un luogo aperto, luminoso ed elegante. La struttura in carpenteria metallica, di tipo intelaiato, è protetta dalle azioni sismiche mediante controventi a croce in acciaio.

**Committente** Progetto Acciaio srl e NET srl **Progettista Architettonico** Aurelio Galfetti con Carola Barchi e AU Studio Architetturaurbanistica **Progettista Strutturale** SPC srl **Impresa** Edilbasso spa **Costruttore Metallico** Stahlbau Pichler srl **Carpenterie Leggere e Serramenti** Somec spa

ph. Stahlbau Pichler



NUOVO HEADQUARTER PROFILTUBI a Reggio (RE)

Realizzata in seguito alla demolizione della preesistente struttura, danneggiata dal sisma del 2012, la palazzina uffici dell’azienda produttrice di profili cavi in acciaio è un esempio lampante di come una struttura portante in acciaio possa consentire di realizzare in tempi rapidi (5 mesi) un edificio di due piani per 1.200 mq di superficie, sismoresistente e all’avanguardia. Gli elementi, dal peso complessivo di 73 tonnellate, sono stati progettati e preassemblati in officina dal costruttore, con tecnologia stratificata a secco in acciaio; la prefabbricabilità dei moduli ha permesso un rapido montaggio in situ e scarsa ingerenza sul cantiere. Completano e donano vivacità all’opera rivestimenti in gres porcellanato, lamiere metalliche e lastre Aquapanel.

**Committente** Profiltubi spa **Progetto** Ing. Andrea Lombardini **General Contractor e Costruttore Metallico** Stahlbau Pichler srl

ph. Stahlbau Pichler





## EDIFICI AD USO INDUSTRIALE, COMMERCIALE O ESPOSITIVO

### SEDE STONE ISLAND a Ravarino (MO)

Il progetto ha previsto la parziale demolizione e ricostruzione di un fabbricato industriale interessato dal sisma del 2012. La struttura prefabbricata in cemento armato aveva manifestato infatti criticità tali da rendere preferibile la demolizione e ricostruzione di un nuovo edificio in acciaio con tecnologie stratificate a secco: una prefabbricazione leggera che riduce al minimo la massa e quindi l'azione sismica di progetto. L'acciaio ha inoltre consentito ampia libertà nella definizione dei volumi: l'edificio è costituito da due corpi distinti che si compenetrano, il primo corpo di fabbrica adibito a laboratorio mentre il secondo corpo ha funzione di magazzino. Il laboratorio, a pianta trapezoidale, è costituito da travi principali IPE 500 che sostengono profili IPE 180 a sbalzo; il lato ovest è caratterizzato da una vetrata a tutt'altezza con brise-soleil, mentre il lato est, anch'esso vetrato, ospita gli accessi principali e di servizio. Il magazzino, in carpenteria metallica, presenta un soppalco sorretto da una reticolare in acciaio con solaio in lamiera grecata e getto collaborante; colonne tubolari completano le strutture.

**Committente** Sportswear Company spa - Stone Island **Progettista Architettonico** Associati Techne (Giuseppe Gualdi, Maurizio Carrisi, Stefano Testi, Silvia Zanetti) **Progettista Strutturale** Mech Studio srl **Impresa A&C Costruzioni** spa **Costruttore Metallico** PTL srl

### STABILIMENTO E SEDE URSA ITALIA a Bondeno (FE)

Realizzato a seguito del crollo di un preesistente capannone prefabbricato in c.a. durante il sisma del 2012, il nuovo edificio è stato concepito con la volontà di minimizzare gli spostamenti degli impianti e di recuperare quanto più possibile le infrastrutture non lesionate, considerato che il complesso era stato realizzato nel 2000. Il progetto ha quindi previsto il riutilizzo delle fondazioni esistenti e l'inserimento di un volume in acciaio dalla pianta identica a quella del precedente. La nuova sede aziendale è concepita con un sistema intelaiato di travi e pilastri in acciaio in grado di resistere alle azioni gravitazionali; controventi di tipo eccentrico in acciaio assorbono invece le azioni sismiche. La tecnologia a secco in acciaio utilizzata conferisce prestazioni eccellenti anche in termini di comfort termico, insonorizzazione e protezione passiva al fuoco. Il risultato quindi non è un comune capannone, ma un'idea di industria tradotta nella scelta accurata dei materiali, nel gioco dei volumi e nella volontà di trasporre l'anima in acciaio all'esterno.

**Committente** Ursa Italia srl **Progettista Architettonico** Archliving srl – Arch. Mario Loffredo **Progettista Strutturale** Archliving srl – Ing. Gianluca Loffredo **General Contractor e Costruttore Metallico** Stahlbau Pichler srl

### CENTRO COMMERCIALE “VULCANO BUONO” a Nola (NA)

Con una forma che richiama il Vesuvio, il centro sorge in una zona caratterizzata da sismicità medio-alta; 150.000 mq di superficie coperta ospitano un ipermercato, spazi commerciali, cinema ed attività di ristoro. Data la particolarità dell'opera, di grandi dimensioni e con un vasto spazio aperto centrale, per la progettazione antisismica è stato eseguito uno specifico calcolo del coefficiente di fondazione tenendo conto dei fenomeni di amplificazione locale. La scelta di ricorrere ad una struttura in acciaio è stata fondamentale per non appesantire un edificio di così vaste dimensioni, enfatizzandone invece la leggerezza e favorendone inoltre l'illuminazione naturale. Le strutture si compongono di travi composte saldate, profili aperti, angolari. Particolari le strutture delle “piazzette”, che ospitano i diversi locali, in profili tubolari circolari in acciaio di Ø 610 mm, da cui partono dei quadripodi anch'essi in acciaio che sostengono le solette di copertura.

**Committente** Interporto Campano spa **Progettista Architettonico** Renzo Piano Building Workshop **Progettista Strutturale** Favero & Milan Ingegneria srl **Impresa** Grandi Lavori Fincosit spa (mandataria) **Costruttore Metallico** Giugliano Costruzioni Metalliche srl

## EDIFICI AD USO CIVILE: SCUOLE E OSPEDALI

### SCUOLA PRIMARIA “EDMONDO DE AMICIS” a Fabbro (RE)

Quarantacinque giorni per realizzare ex novo una struttura in classe energetica A di 1.600 mq in grado di ospitare 425 alunni in 19 classi: i numeri “record” dell'intervento, dettato dal danneggiamento e dalla totale inagibilità del precedente edificio scolastico, trovano nell'acciaio e nell'edilizia prefabbricata a secco il comun denominatore. Il telaio strutturale si sviluppa con moduli prevalenti di 6,95x6,95 m, realizzati con telai metallici incernierati al piede. Ai telai sono state assegnate le azioni orizzontali derivanti dal vento e dal sisma. La continuità dei moduli è assicurata da un sistema di controvento di copertura a croci di S.Andrea (piano rigido). Sia in parete che in copertura sono state impiegate soluzioni a secco con pannelli metallici coibentati sp. 15 cm ed ulteriori integrazioni in grado di garantire gli elevati standard prestazionali sia a livello termico che acustico. La pianta dell'edificio permette la massima flessibilità anche per un futuro riutilizzo: libera da vincoli consente ampliamenti in entrambe le direzioni.

**Committente** Regione Emilia Romagna **Progettista Architettonico** KREJ Engineering srl; EV03 (consulenza alla progettazione) **Progettista Strutturale** Premetal spa, Studio Artecno **Costruttore Metallico** Premetal spa

### SCUOLA PER L'INFANZIA CIP&CIOP a Molinella (BO)

Il nuovo asilo nasce da una valutazione tecnico-economica svolta sulla preesistente scuola per l'infanzia: edificato nel 1975, il complesso ha riportato danni durante il sisma che ha colpito Emilia Romagna e Lombardia nel 2012 ed è stato dichiarato inagibile. Dopo un'analisi dell'esistente, la soluzione più ottimale è stata quella di abbattere il vecchio edificio e realizzarne uno nuovo, con struttura portante in carpenteria metallica. L'asilo CIP&CIOP è costituito da due corpi distinti, separati da appositi giunti tecnici di isolamento; Il corpo “A” è costituito da un livello interrato più uno fuori terra, con colonne e travi in acciaio e tamponamenti in muratura, il corpo “B” è un volume monopiano con graticcio strutturale in acciaio, con pannelli fotovoltaici e solari termici in copertura ed uno spazio libero senza appoggi intermedi di 900 mq di superficie. Gli accorgimenti strutturali adottati hanno permesso al complesso di passare dalla classe d'uso III alla IV.

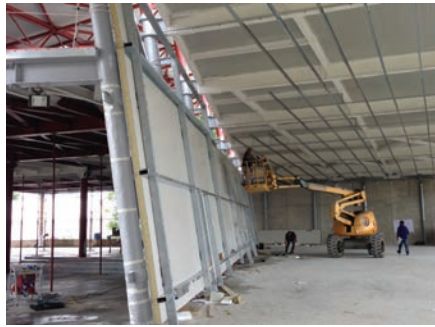
**Committente** Amministrazione Comunale della Città di Molinella (BO) **Progettista Architettonico** Arch. Nicoletta Bonetti **Progettista Strutturale** Ing. Andrea Barocci **Impresa** ITI Impresa Generale spa **Costruttore Metallico** SECH Costruzioni Metalliche spa

### CENTRO SERVIZI E LABORATORI OSPEDALE di Udine

Esempio interessante di impiego innovativo di strutture miste in acciaio e calcestruzzo in zona sismica, l'edificio sorge su una pianta rettangolare di 64 per 72 m ed è articolato su quattro livelli più un piano tecnico. L'edificio, inizialmente concepito interamente in struttura tradizionale, è stato poi realizzato in struttura composta, consentendo la riduzione degli ingombri strutturali. L'ossatura è formata da nuclei di controvento in c.a. e da telai che sostengono i carichi verticali realizzati con elementi misti acciaio-clt. Per costruire gli impalcati sono state impiegate travi SFB costituite da profili H ai quali sono saldati, sotto l'ala inferiore, piatti sporgenti a sbalzo che sostengono i pannelli di solaio. L'utilizzo di tecniche e soluzioni innovative ha permesso un abbattimento dei tempi di costruzione in cantiere del 25% rispetto ad altre tecnologie costruttive.

**Committente** Azienda Ospedaliero-Universitaria “Santa Maria della Misericordia” (concedente); ATON per il progetto srl (concessionaria) **Progetto Generale e Progetto Facciate** Archest srl **Progetto Layout Architettonico** L+ Partners **Progetto Strutturale** Studio d'Ingegneria Suraci **Impresa** ATI Rizzani de Eccher spa, Siram spa, CPL Concordia, AR.CO. Lavori **Costruttore Metallico** Simsteel Strutture Metalliche spa **Costruttore Facciate Vetrate** Vega Systems srl

ph. Niccolò Barone



ph. Archiving



ph. Moreno Maggi



ph. Premetal



ph. Andrea Barocci



ph. Daniele Domenicali



ph. Studio Suraci





# **IL RECUPERO** DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

**ADEGUAMENTO SISMICO E INNOVAZIONE**

**BENI CULTURALI:**  
TUTELA E VALORIZZAZIONE

**TERREMOTI E SOSTENIBILITÀ:**  
IL PRIMATO DELLA COSTRUZIONE IN ACCIAIO

**ESEMPI REALIZZATIVI**



## ADEGUAMENTO SISMICO E INNOVAZIONE

Gli interventi sull'esistente costituiscono un tema di sempre più sentita importanza di fronte all'invecchiare del patrimonio delle costruzioni e delle infrastrutture realizzate durante i decenni della forte crescita economica e demografica del secolo scorso. Tra questi compare predominante il problema della sicurezza sismica delle costruzioni esistenti, realizzate secondo criteri antisismici obsoleti oppure senza considerare l'azione sismica perché al momento del progetto l'area nella quale sarebbero state realizzate non ricadeva tra quelle classificate sismiche. Oggi è ben noto come l'intero territorio italiano sia soggetto a rischio sismico e i recenti eventi hanno purtroppo evidenziato la vulnerabilità

sismica del costruito quale emergenza sociale ed economica che minaccia sia la vita degli abitanti che le attività produttive. Per questi motivi la ricerca di soluzioni efficaci e competitive per ridurre la vulnerabilità delle costruzioni esistenti nei confronti dei terremoti e le loro applicazioni sul campo hanno assunto ruoli di crescente centralità nel settore delle costruzioni. In tale ambito l'acciaio gioca un ruolo indubbiamente fondamentale grazie alle seguenti peculiarità:

- **leggerezza degli elementi strutturali**, resa possibile da un elevato rapporto peso/resistenza, una caratteristica che, a sua volta, consente di semplificare il trasporto e la posa in opera delle strutture e di ridurre al minimo gli

effetti collaterali dovuti all'incremento del carico e delle masse sulle strutture esistenti;

- **dimensioni contenute degli elementi strutturali**, come conseguenza naturale dell'elevata efficienza strutturale dell'acciaio, una caratteristica che consente di semplificare la sostituzione e/o l'integrazione di opere esistenti con elementi rinforzanti;
- **pregio estetico degli elementi in acciaio**, fondamentale quando la sinergia strutturale tra materiali vecchi e nuovi si coniuga con il valore architettonico che nasce dal contrasto tra caratteristiche disomogenee;
- **rapidità di costruzione**, una caratteristica sempre auspicabile, ma in particolar

modo quando l'intervento è urgente oppure quanto non è possibile una interruzione prolungata dell'uso della costruzione;

- **reversibilità degli interventi**, caratteristica delle strutture in acciaio basata sui collegamenti a secco smontabili, importante soprattutto per gli interventi sull'edilizia storica.

Per tali motivi la carpenteria metallica è una soluzione che molto ben si presta agli interventi strutturali volti alla riduzione della vulnerabilità sismica delle costruzioni esistenti, comunemente realizzate in muratura o in calcestruzzo armato. Nell'ambito di tali interventi, occorre distinguere tra miglioramento e adeguamento sismico. Nel miglioramento

sismico i provvedimenti adottati permettono di garantire una maggiore sicurezza, ad esempio tramite il rinforzo di alcuni elementi strutturali maggiormente vulnerabili, senza modificare in modo significativo lo schema statico della costruzione e senza raggiungere le prestazioni richieste dalla normativa per le nuove costruzioni. L'intervento di adeguamento sismico, invece, prevede che la struttura sia in grado di resistere agli stessi carichi di progetto richiesti per le nuove costruzioni. Ciò potrebbe comportare la massiccia alterazione del sistema strutturale e la modifica radicale della risposta dell'edificio alle sollecitazioni sismiche. La normativa nazionale specifica che è possibile

eseguire lavori di miglioramento in caso di cambio di destinazione d'uso, per eliminare errori di progettazione e/o esecuzione, quando l'intervento di consolidamento è eseguito su edifici monumentali non adatti a lavori di più ampio respiro. L'adeguamento sismico è invece obbligatorio nei casi di sopraelevazione o ampliamento di un fabbricato con aumento della volumetria e delle superfici, aumento dei carichi dovuto a un cambio di destinazione d'uso, modifica sostanziale del sistema strutturale a seguito di interventi di rinnovamento rispetto all'originale o, in generale, quando la ristrutturazione comporta un'alterazione del comportamento statico complessivo.

La progettazione degli interventi di adeguamento richiede una preliminare analisi di vulnerabilità della costruzione esistente e la definizione degli obiettivi progettuali, fissando le prestazioni richieste in caso di azioni sismiche: limitazione del danneggiamento degli impianti e del contenuto (controllo delle accelerazioni assolute), limitazione del danneggiamento degli elementi non strutturali (controllo degli spostamenti relativi), sicurezza nei confronti della rottura (controllo delle sollecitazioni e delle deformazioni), protezione a seguito di un evento sismico e sostituzione degli elementi danneggiati, fattibilità e rapporto tra costi e benefici. Successivamente si procede con la definizione



Figura 10.1 - Interventi locali di rinforzo condominio Giuliani, L'Aquila – Opere di riparazione e rafforzamento locale edificio con esito "E" a seguito dell'evento sismico del 6 aprile 2009 – rinforzi strutturali con metodo CAM su struttura in c.a.



Ex Fornace Morandi, Padova - Costruttore Metallico: CSM snc - ph. Paolo Mazzi F38F / Bruno Stocco Architetto





Recupero di Teatrino Grassi, Venezia - ph. ORCH - Orsenigo\_Chemollo / Tadao Ando Architects & Associates - Equilibri srl

della strategia di intervento che può prevedere un incremento di duttilità, dissipazione, resistenza e rigidezza. Per raggiungere tali incrementi di prestazioni strutturali si può in generale procedere tramite interventi sugli elementi strutturali oppure tramite l'inserimento di dispositivi extra-strutturali. Una terza via prevede la riduzione dell'energia sismica in ingresso tramite isolamento sismico. Grazie alle sue peculiarità prima discusse, l'acciaio può essere utilizzato con successo sia per interventi locali di rinforzo degli elementi strutturali (Figura 10.1) che per la realizzazione di dispositivi che affiancano la struttura esistente. Tra queste ultime soluzioni si annoverano i controventi

dissipativi, utilizzati con successo in molti recenti interventi di adeguamento sismico di strutture esistenti. I controventi possono essere inseriti all'interno dei telai della struttura esistente con circoscritti interventi di demolizione e ricostruzione delle tamponature esterne e dei divisori interni, eventualmente affiancati da rinforzi locali nelle travi e nei pilastri. Ciò determina una interruzione nella fruizione delle costruzioni oggetto dell'adeguamento sismico limitata nel tempo e negli spazi convolti. La dissipazione può avvenire ad esempio tramite sistemi elastoplastici ad instabilità impedita che si basano sul comportamento isteretico dell'acciaio quando si supera la forza di snervamento, op-

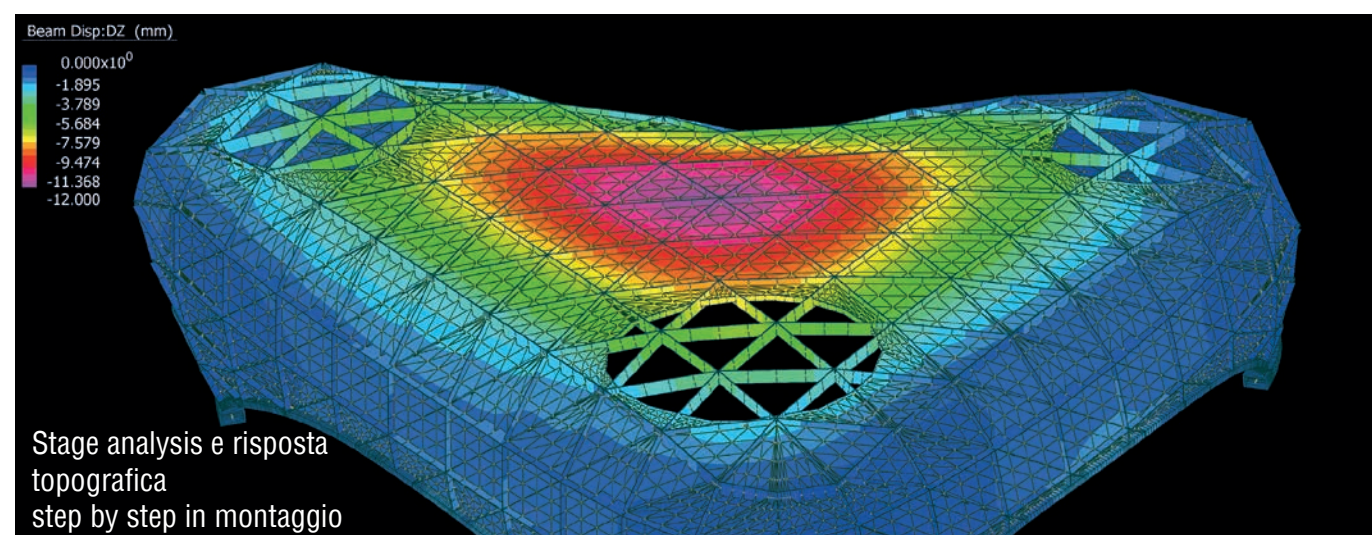
pure tramite sistemi viscoelastici che sfruttano le proprietà dissipative di gomme ad alta capacità di smorzamento. Dato che spesso ci si trova di fronte a strutture esistenti con ridotta duttilità, un punto critico nella progettazione di tali sistemi di controventi dissipativi è quella di garantire l'attivazione della dissipazione per spostamenti laterali ridotti. Ciò determina, nel caso dei controventi ad instabilità impedita, l'utilizzo di elementi sacrificali piuttosto corti, quindi solo un tratto del controvento sarà danneggiato ed eventualmente sostituito in caso di azione sismica di elevata entità. Una soluzione alternativa che preveda dissipatori elastoplastici o viscoelastici è quella che sfrutta sistemi di contro-

vento esterni alla struttura esistente. Adottando questa soluzione si possono ottenere numerosi vantaggi: non si interrompe l'utilizzo della struttura esistente in quanto tutte le operazioni di costruzione e montaggio non coinvolgono gli spazi interni, le fondazioni esistenti non sono gravate da carichi aggiuntivi in condizioni statiche e sismiche, è più semplice controllare il comportamento sismico in quanto il progetto non è vincolato alla distribuzione degli spazi interni e meno influenzato dalla planimetria dell'edificio, è possibile integrare nei dispositivi esterni funzioni accessorie, quali scale di sicurezza o pianerottoli di collegamento, o elementi di caratterizzazione architettonica.

**Straus7** L'eccellenza  
FEM  
accessibile.  
**Nativo Non-Lineare** **hsh.info**

Calcolo strutturale ad elementi finiti al vero secondo NTC 2008, EC2 e EC3  
**Nessun limite pratico al calcolo strutturale**

Padiglioni a Montecarlo



**Committente principale**  
Société des Bains de Mer  
Monaco

**Progettazione architettonica**  
Affine R. Martinet - Paris

**Progettazione strutturale**  
Setec - Paris

**Impresa principale**  
ATI Richelmi (Monaco)  
Acieroid (Barcelona)

**Impresa di costruzione**  
Cimolai - Pordenone



**Progettazione di dettaglio e del montaggio**  
Cimolai - Pordenone



Distributore esclusivo  
per l'Italia del codice  
di calcolo **Straus7**



**HSH srl - Tel. 049 663888**  
**Fax 049 8758747**  
**www.hsh.info - straus7@hsh.info**



## BENI CULTURALI:

# TUTELA E VALORIZZAZIONE

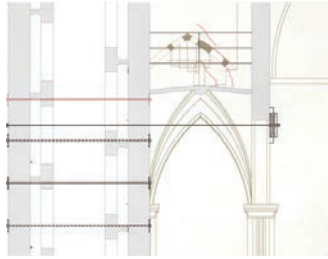


Figura 11.1



Figura 11.2



Figura 11.3



Figura 11.4

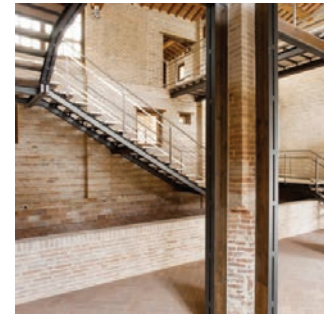


Figura 11.5



Gli edifici esistenti con valenza storico-monumentale costituiscono uno straordinario patrimonio per l'Italia e necessitano di essere salvaguardati come documenti delle radici culturali del paese e valorizzati affinché possano essere inseriti in un circuito economico di crescita. Il deterioramento dei materiali e la concezione statica legata alle sole azioni gravitazionali rendono le costruzioni storiche estremamente vulnerabili nei confronti dell'azione sismica e richiedono interventi in grado di preservarne l'integrità. Affinché non si abbia la perdita del valore culturale del bene architettonico, e perché questo possa essere consegnato ai posteri, gli interventi devono essere concepiti ed eseguiti nella logica del restauro. La scelta delle tecniche di intervento è questione assai complessa ed è subordinata alla profonda conoscenza del bene in cui le questioni storiche ed evolutive sono da rico-

struire sovrapponendo alle vicissitudini politico-culturali e naturali, i risultati di studi archivistici ed iconografici, e quelli di analisi geometrico-architettoniche e materico-strutturali. **Prima di scegliere i materiali è necessario concepire l'intervento mirando a ridurre o eliminare puntualmente le vulnerabilità riconosciute, lasciando inalterati i meccanismi non interessati, rispettando l'autenticità del bene, limitando al massimo le sostituzioni e conservando i materiali originali con un completo controllo visivo dei presidi posti in opera.** L'intervento dovrà essere non invasivo, ovvero **reversibile**, affinché possa essere mantenuto e sostituito nel momento in cui si rendano disponibili nuovi materiali o tecnologie ancor meno invasive di quelle usate; l'intervento dovrà essere realizzato valutando **le compatibilità meccanico-strutturali e quelle chimico-fisiche con i**

**materiali ed i sistemi costruttivi del bene architettonico.**

I sistemi di rinforzo possono essere concepiti impiegando materiali tradizionali posti in opera con tecniche affini a quelle originali o con tecniche innovative, o impiegando elementi strutturali realizzati con materiali moderni in affiancamento o in sostituzione di elementi degradati, per rinforzare la struttura indebolita o per integrare la struttura esistente in modo da eliminare le vulnerabilità intrinseche del sistema tradizionale. Ciò premesso, la scelta dei materiali e delle tecniche di intervento devono essere le più adatte alla conservazione del valore culturale del bene. In un trascorso non molto lontano l'uso del cemento portland e del calcestruzzo strutturale ha fatto pensare a sistemi compatibili con gli edifici storici, realizzati in massima parte in muratura, fino a che eventi clamorosi e tragici hanno

dimostrato non solo l'incapacità di preservare la costruzione ma anche la dannosità dell'uso di questi materiali spesso incompatibili anche dal punto di vista chimico-fisico. L'inserimento di elementi in calcestruzzo armato, infatti, oltre che aumentare le masse delle costruzioni, introduce evidenti discontinuità strutturali, capaci di mettere in discussione gli equilibri necessari a garantire la staticità di sistemi basati sul comportamento attritivo del materiale. Alla luce di ciò, l'acciaio, già storicamente usato, rimane il materiale più affidabile negli interventi di restauro strutturale in quanto possiede tutte le caratteristiche atte a garantire la piena compatibilità con l'edificio storico.

**Il primo punto a favore dell'uso di elementi in acciaio è sicuramente la quasi completa reversibilità dei sistemi** che vengono posti in opera prefabbricati ed ancorati alla costru-

zione esistente per mezzo di piastre di contrasto ed elementi di contatto. Sistemi di tiranti realizzati con acciai ad alte prestazioni sono per questo molto usati proprio nella predisposizione di presidi atti a contrastare le spinte di archi e volte in edifici di assoluto interesse storico (Figura 11.1) ed archeologico.

**Secondo aspetto vincente è la possibilità di realizzare sistemi per assolvere a compiti specifici senza alterare i meccanismi resistenti virtuosi** del sistema esistente (criterio del minimo intervento). Ad esempio, possono essere realizzate cordolature di coronamento degli edifici per conferire alla muratura il necessario incatenamento sommitale, favorendo l'ancoraggio di elementi esistenti (es. capriate in legno) affinché non si sfilino dagli alloggiamenti e nel contempo costituiscano un vincolo nei confronti del ribaltamento delle pareti, senza aggiungere

masse significative e garantendo la massima flessibilità nei confronti degli spostamenti verticali che devono essere lasciati liberi per non alterare gli stati tensionali dovuti alle azioni gravitazionali (Fig.11.2). Altro esempio significativo è la possibilità di progettare nel dettaglio sistemi di irrigidimento di piano, da porre in opera a secco e capaci di integrare anche elementi rompitratta, atti a garantire l'efficienza membranale interferendo al minimo con il regime tensionale dovuto ai carichi verticali con minimi aggravi di massa e garantendo la conservazione degli orizzontamenti e coperture esistenti (Figura 11.3).

**Terzo aspetto positivo è la similitudine tra sistemi di orizzontamento e copertura in legno e in acciaio;** se sostituire un solaio in legno con uno in calcestruzzo armato è operazione alquanto invasiva e dannosa per una costruzione

esistente in muratura, la sostituzione di elementi lignei (travi e capriate) con elementi simili in acciaio, per quanto discutibile dal punto di vista materico, è assolutamente compatibile dal punto di vista costruttivo e meccanico-strutturale. **Quarto aspetto positivo, al quale si è già fatto cenno, è l'ottimo rapporto prestazionale tra caratteristiche meccaniche e massa,** fondamentale nel limitare l'inerzia dei sistemi. Ciò rende particolarmente adatto l'uso dell'acciaio nella valorizzazione degli edifici storici: la possibilità di progettare sistemi con massa ridotta (in alcuni casi compensabile con la sostituzione di elementi non strutturali) e comportamento specializzato per fronteggiare azioni specifiche (soppalchi, passerelle, scale) permette l'inserimento di sistemi strutturali in grado di amplificare la fruibilità del bene senza alterarne il comportamento sismico complessivo e

mantenendo la permeabilità visiva necessaria per godere degli apparati della costruzione storica (Figura 11.4).

**Quinto punto di attenzione riguarda la riconoscibilità dell'intervento.** Particolarmente significativi sono i sistemi di **integrazione** di elementi lignei capaci di garantire la conservazione materica degli elementi strutturali originali rispettando appieno il criterio della riconoscibilità dell'intervento (Figura 11.5).

**Infine la compatibilità chimico-fisica del materiale,** un tempo discussa per la facile ossidabilità caratterizzata da aumento di volume e colature, **è oggi superata dall'impiego di elementi zincati o in acciaio inossidabile** che possono essere usati occasionalmente per risarcire lesioni nei paramenti murari, realizzare l'ammorsamento tra paramenti privi di elementi di ingranamento o come elementi di ancoraggio di strutture in acciaio esterne.

Figura 11.1 - Presidi metallici in quota messi in opera nel Campanile dei Frari (Venezia) in occasione degli interventi di consolidamento statico del 2003-2005. - Figura 11.2 - Cordolature intralciate di coronamento (Fermo, Palazzo Straboni). - Figura 11.3 - Irrigidimenti membranali con travi rompitratta e irrigidimenti in copertura (Comune Poggio San Marcello, AN). - Figura 11.4 - Intervento per il riuso delle ex concerie di Fabriano. - Figura 11.5 - Interventi di rinforzo solaio in legno (Abbadia di Fiastra, MC).



TERREMOTI E SOSTENIBILITÀ:  
IL PRIMATO DELLA COSTRUZIONE IN ACCIAIO

In termini generali, è evidente che i terremoti producono perdite economiche e sociali particolarmente rilevanti. E' altrettanto consolidato il fatto che la prevenzione, intesa come l'insieme delle azioni necessarie a ridurre il rischio sismico, costi meno delle perdite, dirette e indirette, da affrontare in caso di terremoto. Nonostante questo, la prevenzione incontra spesso resistenze nella sua applicazione per motivi legati alla percezione del rischio che conducono spesso a scelte irrazionali. Costruire una nuova costruzione con prestazioni sismiche migliori richiede solitamente un incremento, lieve ma certo, dei

costi iniziali di costruzione mentre riduce drasticamente le perdite quantificabili nel caso di terremoto. Questo evento viene comunque percepito come improbabile, anche se così non è nell'arco di vita di una costruzione, e il problema ignorato. A questo aspetto, di carattere culturale e relativo alle nuove costruzioni, si somma il problema delle costruzioni esistenti, per le quali un'azione di prevenzione completa e immediata non sarebbe economicamente sostenibile. Le considerazioni precedenti hanno determinato una crescente attenzione per tutti gli studi orientati ad una valutazione più razionale del rischio

sismico e, più in generale, della sua influenza sui costi attesi nell'arco di vita dell'edificio. Studi che prendono in esame sia le possibili perdite dirette (es. riparazione dei danni) che quelle indirette (es. interruzione delle funzioni), valutando i costi in termini di consumo di risorse e di impatto ambientale. Il mondo delle costruzioni si sta velocemente muovendo verso nuovi criteri per orientare le scelte nell'ambito delle nuove costruzioni e per individuare priorità e strategie di intervento per quello che riguarda il patrimonio esistente. Per quanto riguarda le nuove costruzioni, le migliori prestazioni della costruzione

in acciaio rispetto ad altre soluzioni, in termini di sostenibilità, è un fatto ormai riconosciuto e già oggetto del numero monografico di Architetture in Acciaio dedicato alla sostenibilità. E' interessante sottolineare che questo primato è confermato anche nello specifico delle costruzioni in zona sismica: ad esempio si riporta il confronto tra consumo di energia richiesto per due costruzioni con le stesse caratteristiche funzionali e di resistenza al sisma, la prima realizzata con una struttura in c.a. e elementi di completamento tradizionali e la seconda con struttura in acciaio ed elementi di completamento prefabbricati con connessioni a

secco (Figura 12.1). Più articolate e complesse le considerazioni relative alle costruzioni esistenti, per le quali sono in fase di studio metodi di valutazione del rischio finalizzati ad una classificazione sismica analoga a quella energetica, ormai ampiamente diffusa. La valutazione del rischio passa attraverso una stima dei danni mediamente attesi nel ciclo di vita, tenendo conto della probabilità che un evento sismico di un'assegnata intensità si verifichi durante la vita utile della costruzione (pericolosità), delle specifiche caratteristiche di resistenza della costruzione (vulnerabilità), dei costi diretti e indiretti da sostenere nel

caso di danneggiamento (esposizione). Il quadro complessivo può essere sintetizzato in termini di costo annuo atteso per metro quadro e convertito, in un'interpretazione orientata alla sostenibilità ambientale, in consumo di energia atteso per anno, per metro quadro. Si può ottenere in definitiva una grandezza omogenea a quella utilizzata per la classificazione energetica dalla quale far scaturire un'analogia classificazione sismica. Anche in questo caso, a parità di altre condizioni (pericolosità sismica e destinazione d'uso), il costo atteso per perdite causate dal sisma risulta solitamente inferiore nel caso di una costruzione in

acciaio rispetto ad altri sistemi costruttivi. Si riportano ad esempio alcuni risultati di uno studio di confronto tra edifici in c.a. e edifici in acciaio progettato con diversi livelli di capacità resistente nei confronti del sisma; i costi di riparazione sono espressi in equivalente consumo di energia e la situazione si riferisce ad un terremoto con periodo medio di ritorno di 100 anni (Figura 12.2). Si rileva quindi che le generali considerazioni sulle migliori caratteristiche di sostenibilità ambientale delle costruzioni in acciaio conservano la loro validità anche nello specifico del comportamento nei confronti delle azioni sismiche.

Figura 12.1 - Confronto consumo di energia per costruzione edifici in acciaio e c.a.

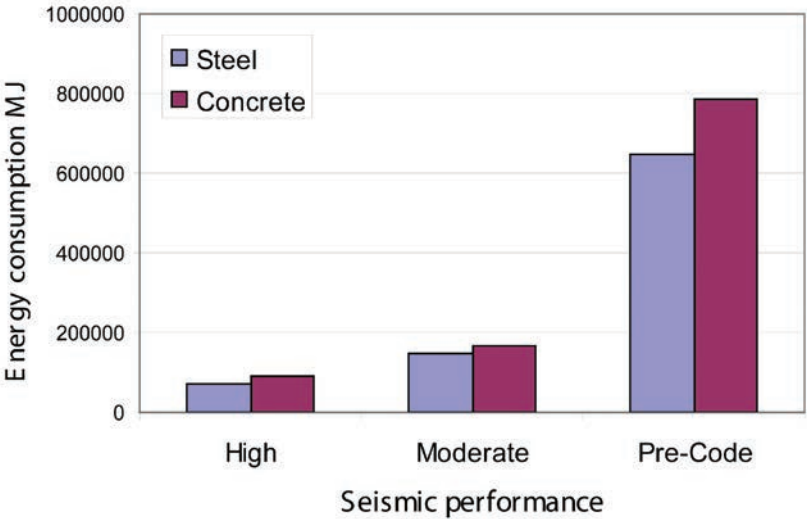
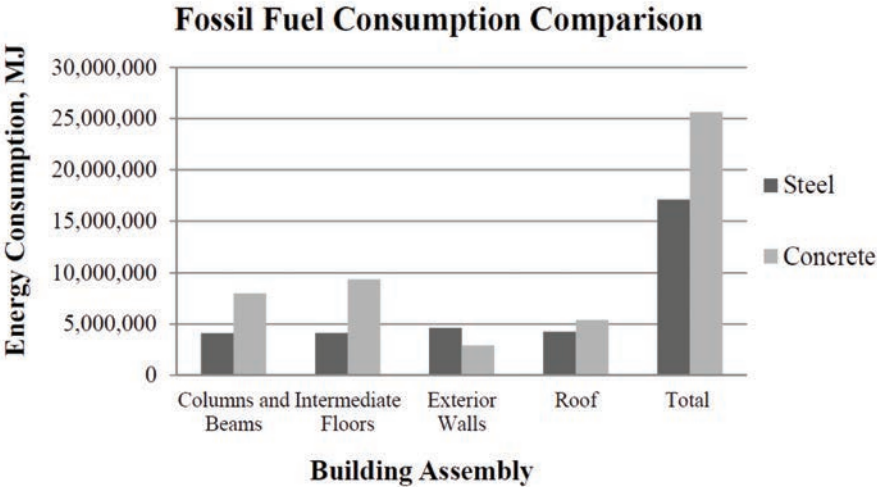


Figura 12.2 - Confronto costi di riparazione per edifici in acciaio e c.a.





## ADEGUAMENTO DI UN EDIFICIO STORICO ALLE ATTUALI NORME ANTISISMICHE: Istituto scolastico "Giovanni Falcone" a Gallarate (VA)

L'istituto professionale rappresenta un caso studio di notevole importanza nell'ambito della progettazione antisismica: sebbene all'epoca del progetto non fossero ancora entrate in vigore le Norme Tecniche, si è deciso di sposare i requisiti antisismici da esse previsti, nell'ottica di una maggiore sicurezza del complesso scolastico. L'istituto è costituito da due corpi, uno di nuova realizzazione e uno realizzato a partire da una preesistenza abbandonata e gravemente lesionata. L'edificio esistente di 49 m x 28 m in pianta, doveva essere mantenuto, per richiesta della Soprintendenza, nell'aspetto originario ed era dunque necessario conservare le strutture interne ed esterne e mantenerne le proporzioni. L'unica soluzione in grado di poter rispettare contemporaneamente tutte le condizioni si è dimostrata la carpenteria metallica, che ha permesso di realizzare una nuova struttura portante che prescindesse da quella esistente, senza alterarne l'aspetto. In particolare gli interventi hanno previsto la "fasciatura" dei pilastri mediante lamiere in acciaio, la realizzazione di capitelli di collegamento con le travi all'altezza dei piani e la realizzazione di nuovi piani tramite un reticolo di travi in acciaio vincolate a nuovi setti in c.a. Anche il nuovo corpo, in continuità architettonica e strutturale con il preesistente, è stato realizzato in acciaio.

**Committente** Comune di Gallarate (VA) **Coordinamento Generale e Progettista Architettonico** Studio Amati srl **Progettista Strutturale** Consorzio Leonardo Ingegneri Riuniti spa **Costruttore Metallico** MAP spa



## ADEGUAMENTO DI UN EDIFICIO INDUSTRIALE ESISTENTE ALLE ATTUALI NORME ANTISISMICHE: Stabilimento HERA a Imola (BO)

Il fabbricato, di dimensioni 60x70 m, è stato edificato nel 1974 secondo le norme vigenti all'epoca (non antisismiche), con struttura prefabbricata in c.a.. A seguito del cambio di destinazione d'uso, da capannone industriale ad edificio uso uffici e data center, la proprietà ha commissionato i lavori di rafforzamento strutturale per l'adeguamento sismico e la messa in sicurezza. Dopo diverse valutazioni si è deciso di intervenire incrementando la capacità di dissipazione della struttura, attraverso l'inserimento di dispositivi in acciaio di smorzamento di tipo fluido viscoso, inseriti all'estremità delle diagonali metalliche di controvento disposte in entrambe le direzioni del fabbricato. Inoltre è stata eseguita la mutua connessione cinematica di tutti gli elementi prefabbricati, inizialmente solo in appoggio (appoggi dei tegoli sulle travi e delle travi su pilastri). L'intervento ha previsto anche l'inserimento di specifici puntoni metallici in direzione ortogonale alle travi principali al fine di ottenere una struttura a telaio bidirezionale, all'interno della quale in alcune maglie sono stati disposti gli elementi dissipativi che assorbono complessivamente oltre l'80% dell'energia cinetica trasmessa alla struttura dal sisma. Gli interventi di adeguamento in acciaio hanno permesso di incrementare notevolmente gli standard di sicurezza senza interferire con le attività lavorative e rispettando le tempistiche dettate dalla Committenza.

**Committente** HERA spa **Progettista Architettonico** a2 Studio Gasparri e Ricci Bitti Architetti Associati **Progettista Strutturale** Ing. Franco Baroni - Studio Ceccoli Associati **Costruttore Metallico** EFFEBI srl

## ADEGUAMENTO SISMICO DI UN EDIFICIO INDUSTRIALE IN ACCIAIO ESISTENTE, ALLE NUOVE NORME ANTISISMICHE: Stabilimento Benelli Armi a Urbino (PG)

L'intervento di adeguamento sismico dello stabilimento è avvenuto contemporaneamente alla sostituzione delle coperture esistenti, gravemente lesionate a seguito delle eccezionali precipitazioni nevose del febbraio 2012. Protagonista assoluto dell'intervento è stato l'acciaio: attraverso l'utilizzo di gru posizionate all'interno dell'edificio, sono stati realizzati nuovi pilastri, travi e copertura in carpenteria metallica di 7.000 mq di superficie, progettati per resistere a carichi nevosi fino a 270 kg/mq. In concomitanza con i lavori di sostituzione delle coperture si è provveduto all'adeguamento sismico, utilizzando pilastri reticolari in acciaio, trattati con zincatura a caldo per la protezione dalla corrosione. L'utilizzo di soluzioni in carpenteria metallica ha permesso di ridurre a 5 mesi le tempistiche d'intervento e di non interrompere le attività lavorative all'interno dello stabilimento.

**Committente** Benelli Armi spa - Beretta Holding spa **Progettista** Ing. Fausto Ceni **Costruttore Metallico** SPA-BA srl, CMP srl **Trattamenti Anticorrosivi** Nord Zinc spa



## MESSA IN SICUREZZA CON L'ACCIAIO DI UN EDIFICIO PREFABBRICATO IN C.A. DANNEGGIATO IN SEGUITO AD EVENTO SISMICO: Uffici Magneti Marelli a Crevalcore (BO)

Il complesso industriale con annessa palazzina uffici è stato edificato nel biennio 1973-1974 e, nel corso degli anni, non ha subito variazioni sostanziali. L'edificio ad uso uffici a seguito dei due principali eventi sismici del 2012 ha riportato danni strutturali: danneggiamenti in corrispondenza dei corpi scala, lesioni sui tamponamenti esterni dovuti a compressione contro pilastri, lesioni sul 70% dei tramezzi murari, lesione sulla testata di un pilastro al piano primo, lesioni sulle pannellature esterne, fenomeni di martellamento sulle pannellature esterne adiacenti la passerella di collegamento con l'edificio produttivo. L'intervento di ripristino e adeguamento della palazzina ha preservato l'esistente considerando che il progetto originario prevedeva la rispondenza alle sole azioni verticali. Per contrastare le azioni sismiche, la struttura è stata affiancata da un esoscheletro in acciaio, fondato su micropali e sismoresistente al 100% come richiesto esplicitamente dal Committente e ben al di sopra del 60% consentito dal D.Lgs 06/06/2012. Nel dettaglio, gli elementi sismoresistenti sono costituiti da tralicci in acciaio di tipo dissipativo, realizzati mediante profili cavi circolari e concepiti come un unico gruppo saldato, trasportato in cantiere dopo trattamento di zincatura a caldo e verniciatura in officina, e già pronto per l'alloggiamento sui tirafondi. L'intervento ha anche contribuito a rivalorizzare l'edificio connotandolo architettonicamente.

**Committente** Magneti Marelli spa Powertrain **Progettazione Geotecnica e Strutturale** TELEIOS srl - Ing. Marco Franceschini, Ing. Pierpaolo Semproli, Ing. Alessandro Secci e Ing. Massimiliano Mundadori **Costruttore Metallico** EFFEBI srl





## Tubi per strutture

CMM è uno dei principali centri servizi presenti in Europa in grado di tagliare tubi con impianti laser. Oltre al taglio, CMM esegue sgolature, forature e tagli speciali di preparazione alle fasi di saldatura e assemblaggio. CMM è in grado di lavorare tubi tondi con diametri fino a 508 mm, tubi rettangolari e travi con lunghezza fino a 15 mt, in acciaio inox e al carbonio.



Bozorgnia Y., Bertero V.V. (2004) **Earthquake Engineering: from Engineering Seismology to Performance-Based Engineering**. CRC Press. ISBN 978-0849314391.

Braconi A. et al. (2013) **Prefabricated steel structures for low-rise buildings in seismic areas (Precasteel)**, Final Report EUR 25871 EN, European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. ISBN 978-92-79-29011-4. DOI: 10.2777/5499.

Braga F., Buttarazzi F., Dall'Asta A., Salvatore W. (2014) **Protezione sismica di edifici esistenti in c.a. con controventi dissipativi in acciaio**. Fondazione Promozione Acciaio - Dario Flaccovio Editore. ISBN 978-8857904542.

Bruneau M., Sabelli S.E., Uang C.M. (2011) **Ductile design of steel structures, 2nd edition**. McGraw Hill. ISBN 978-0071623957.

Dall'Asta A., Landolfo R., Salvatore W. (2012) **Edifici monopiano in acciaio ad uso industriale**. Fondazione Promozione Acciaio - Dario Flaccovio Editore. ISBN 978-8877588678.

Doglioni F., Mazzotti P. (2007) **Codice di pratica per gli interventi di miglioramento sismico nel restauro del patrimonio architettonico**. Regione Marche, Beni Culturali e Programmi di Recupero. ISBN 978-88902669-0-4.

Elghazouli A.Y. (2009) **Seismic design of buildings to Eurocode 8**. Spon Press. ISBN 978-0415447621.

European Committee for Standardization (2004) **Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings**. EN 1998-1.

Feese C., Li Y., Bulleit W. (2014) Assessment of Seismic Damage of Buildings and Related Environmental Impacts. **ASCE Journal of Performance of Constructed Facilities**, paper 04014106, DOI: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000584.

**Architetture in Acciaio #8- Speciale Sostenibilità**, Fondazione Promozione Acciaio - Delettera WP.

**Figura 11.1** – Il cantiere di consolidamento del campanile dei Frari – Soprintendenza Belle Arti e Paesaggio di Venezia e Laguna.

**Figura 11.4** – Restauro e riuso delle ex concherie di Fabriano (AN) – Arch. Paolo Schicchi.



**CMM S.r.l.**

Via Marchionale 72 - 46046 Medole (MN)

Tel. 0376 898150 Fax 0376 868335 Web [www.cmmlaser.it](http://www.cmmlaser.it)





**Architetture in acciaio**

NUMERO 15  
AUTUNNO 2015  
COSTRUZIONI SICURE  
IN ZONA SISMICA

NUMERO SPECIALE



**Proprietario della testata**

via Vivaio 11 - 20122 Milano  
tel +39 02 86313020 - fax +39 02 86313031  
info@promozioneacciaio.it  
www.promozioneacciaio.it

C.F. E P. IVA 04733080966  
ISCRITTA NEL REGISTRO DELLE PERSONE GIURIDICHE  
DELLA PREFETTURA DI MILANO AL NR. 663 PAG. 1042 VO. 3°  
CCIAA MILANO REA NR. 1806716

**COMITATO EDITORIALE**

MONICA ANTINORI, MARCO CLOZZA,  
DAVIDE DOLCINI, SIMONA MAURA MARTELLI,  
CARMELA MOCCIA, GLORIA RONCHI

**COMITATO SCIENTIFICO**

MONICA ANTINORI, RAFFAELE LANDOLFO,  
EMIDIO NIGRO, SANDRO PUSTORINO,  
WALTER SALVATORE

**HANNO CURATO LA REDAZIONE DI QUESTO  
NUMERO**

ANDREA DALL'ASTA, ALESSANDRO ZONA

**REDAZIONE**

VIA VIVAIO 11 - 20122 MILANO  
TEL +39 02 86313020 - FAX +39 02 86313031  
SEGRETERIA@PROMOZIONEACCIAIO.IT

**STAMPA**

GRAFICA METELLIANA  
CAVA DEI TIRRENI

Il presente documento è frutto del  
lavoro della **Commissione Sismica**  
per le Costruzioni in Acciaio



LA RIVISTA ITALIANA DELL'ARCHITETTURA E DELLE COSTRUZIONI IN ACCIAIO

**SFOGLIA LA RIVISTA  
SUL TABLET O SU PROMOZIONEACCIAIO.IT**



**DELETTERA WP**

ARCHITETTURA E INGEGNERIA WEB+PAPER

**Editore**

via Tadino 25 - 20124 Milano  
tel + 39 02 29528788  
vendite@delettera.it

**DIRETTORE RESPONSABILE**

SIMONA MAURA MARTELLI

**PUBBLICITÀ**

MARKETING@DELETTERA.IT  
TEL. +39 02 36584134

È vietata la riproduzione, la traduzione e l'adattamento, anche parziale del materiale pubblicato senza autorizzazione di DELETTERA WP e di Fondazione Promozione Acciaio. Le considerazioni espresse negli articoli sono dei singoli autori, dei quali si rispetta la libertà di giudizio, lasciandoli responsabili dei loro scritti. L'autore garantisce la paternità dei contenuti inviati all'Editore manlevandolo da ogni eventuale richiesta di risarcimento danni proveniente da terzi che dovessero rivendicare diritti su tali contenuti. La rivista non è responsabile delle spedizioni non richieste.

Iscrizione al Tribunale di Milano in data 03/05/2011 n. 223 del registro. Riservatezza: Art. 7 D.Lgs 196/03. Titolare del trattamento dei dati personali raccolti nelle banche dati per uso redazionale relativo ai progetti è Fondazione Promozione Acciaio. I dati potranno essere rettificati o cancellati dietro presentazione di richiesta scritta.

Trimestrale - Spedizione in abbonamento postale Poste Italiane spa - D. L. 353/2003 (convertito in Legge 27/02/2004 n° 46) art. 1, comma 1, LO/MI. Prezzo copia: 3 euro Abbonamento annuale: 10 euro

**DELETTERA WP** PUBBLICA ANCHE:

**cityproject.it**

*recuperoeconservazione.it*

**STRUCTURALWEB.IT**

In copertina

BIBLIOTECA DI FIORANO MODENESE  
[progetto: Buonomo Veglia srl]  
ph. Andrea Martinadonna

# steelMAX<sup>R</sup>

sistema costruttivo a secco ad alte prestazioni



**Facile da movimentare** e rapido da assemblare

**Versatile** nelle sopraelevazioni, ampliamenti, recuperi e nuove costruzioni

**Testato nei confronti dell'azione sismica** e certificato secondo le normative vigenti

**Certificato** per la resistenza al fuoco, prestazione strutturale ed acustica

**Eco-sostenibile**, riciclabile al 100%

**Compatibile** con i sistemi tradizionali ed 'a secco'

**Integrabile** con impiantistica tradizionale ed innovativa

**Costi e tempi di costruzione definiti e certi**



20867 Caponago (MB) Italy via delle Gerole 32 tel +39 02 95746270 fax +39 02 95744994  
**www.cogi.info www.steelmax.it**





# IL VALORE DELLE SINERGIE DI UN GRANDE GRUPPO

soluzioni.group.com



Nata dall'alleanza strategica tra due importanti player mondiali del settore siderurgico, Duferdofin-Nucor è oggi primario punto di riferimento in Italia e nel mondo per la produzione di travi e di laminati lunghi.

La sapiente combinazione di know-how, tecnologie e risorse umane dà vita ad un sistema coeso, solido e integrato di aziende, capace di ottenere le massime sinergie per la produzione di laminati a costi competitivi e minimo impatto ambientale.

## LE AZIENDE DEL SISTEMA DUFERDOFIN-NUCOR

DUFERDOFIN-NUCOR:	Giammoro (ME)
	San Giovanni Valdarno (AR)
TRAVI E PROFILATI DI PALLANZENO:	Pallanzano (VB)
	San Zeno Naviglio (BS)
ACOFER PRODOTTI SIDERURGICI:	San Zeno Naviglio (BS)
	Giammoro (ME)
	San Giovanni Valdarno (AR)

**Duferdofin**  **NUCOR**

Duferdofin-Nucor srl  
Via Armando Diaz, 248  
25010 San Zeno Naviglio (BS) - Italy  
Tel. +39 030 21691